

Economia circolare e nuovi scenari per il settore delle costruzioni

Modelli organizzativi e pratiche di riuso
e remanufacturing nel comparto del terziario

a cura di Cinzia Maria Luisa Talamo



Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 



RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

diretta da Giovanni Zannoni (Università di Ferrara)

Comitato scientifico:

Andrea Boeri (Università di Bologna), Andrea Campioli (Politecnico di Milano), Joseph Galea (University of Malta), Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Giorgio Giallocosta (Università di Genova), Nancy Roza Montaña (Universidad Nacional de Colombia)

La collana *Ricerche di tecnologia dell'architettura* tratta prevalentemente i temi della progettazione tecnologica dell'architettura e del design con particolare attenzione alla costruibilità del progetto. In particolare gli strumenti, i metodi e le tecniche per il progetto di architettura alle scale esecutive e quindi le modalità di realizzazione, trasformazione, manutenzione, gestione e recupero dell'ambiente costruito.

I contenuti scientifici comprendono la storia e la cultura tecnologica della progettazione e della costruzione; lo studio delle tecnologie edilizie e dei sistemi costruttivi; lo studio dei materiali naturali e artificiali; la progettazione e la sperimentazione di materiali, elementi, componenti e sistemi costruttivi.

Nel campo del design i contenuti riguardano le teorie, i metodi, le tecniche e gli strumenti del progetto di artefatti e i caratteri produttivi-costruttivi propri dei sistemi industriali.

I settori nei quali attingere per le pubblicazioni sono quelli dei progetti di ricerca nazionali e internazionali specie di tipo sperimentale, le tesi di dottorato di ricerca, le analisi sul costruito e le possibilità di intervento, la progettazione architettonica cosciente del processo costruttivo.

In questi ambiti la collana pubblica progetti che abbiano finalità di divulgazione scientifica e pratica manualistica e quindi ricchi di spunti operativi per la professione di architetto.

La collana nasce sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi nel 1974.

I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.

A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata affidata a un Comitato scientifico, diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura e proseguire l'importante opera di divulgazione iniziata quarant'anni prima.



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

<https://www.francoangeli.it/autori/21>

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Economia circolare e nuovi scenari per il settore delle costruzioni

**Modelli organizzativi e pratiche di riuso
e remanufacturing nel comparto del terziario**

a cura di Cinzia Maria Luisa Talamo

Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 

Il libro presenta i risultati del progetto “*Re-NetTA (Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures). New organizational models and tools for remanufacturing and re-using short life components coming from tertiary buildings renewal*”, sviluppato presso il Politecnico di Milano (2018-2021) e supportato da Fondazione Cariplo, grant n° 2018-0991 (Bando “*Circular Economy for a sustainable future 2018*”).

Isbn e-book Open Access: 9788835165675

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito*
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835165675

Indice

Introduzione di <i>Cinzia Talamo</i>	pag. 7
---	--------

Parte I – Scenari

1. Nuovi approcci di circolarità per l'ambiente costruito di <i>Cinzia Talamo</i>	» 13
2. Economia circolare ed edilizia per il terziario di <i>Andrea Campioli, Monica Lavagna</i>	» 53
3. Strategie di circolarità nel tessile per l'architettura di <i>Alessandra Zanelli, Carol Monticelli</i>	» 70
4. Scenari di circolarità e nuovi modelli di relazione di <i>Marika Arena, Carlo Vezzoli</i>	» 93

Parte II – Teorie e pratiche

5. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul servizio all-inclusive di <i>Anna Dalla Valle, Serena Giorgi</i>	» 117
6. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul contratto di noleggio di <i>Nazly Atta, Sara Ratti</i>	» 131

7. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul mercato secondario di prodotti recuperati di <i>Salvatore Viscuso, Luca Macrì</i>	pag. 145
---	----------

Parte III – Sperimentazioni

8. Sperimentazione di strategie circolari attraverso la riprogettazione del prodotto di <i>Serena Giorgi, Anna Dalla Valle, Nazly Atta, Salvatore Viscuso</i>	» 161
9. Sperimentazioni di riuso e remanufacturing con il coinvolgimento del terzo settore di <i>Salvatore Viscuso, Nazly Atta, Serena Giorgi, Anna Dalla Valle</i>	» 179
Conclusioni di <i>Cinzia Talamo</i>	» 189
Gli Autori	» 193

Introduzione

di *Cinzia Talamo**

Questo libro tratta del tema dell'economia circolare nel settore delle costruzioni focalizzando l'attenzione sulle possibilità di diffusione delle strategie di rimanufattura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione di prodotti e sistemi edilizi.

Il libro presenta molti dei risultati della ricerca “Re-NetTA (Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures). Nuovi modelli organizzativi e strumenti per la ri-produzione e il riutilizzo di componenti di breve durata provenienti dal rinnovo di edifici terziari”. La ricerca è stata finanziata in Italia dalla Fondazione Cariplo per il periodo 2019-2021 e sviluppata da un gruppo multidisciplinare composto da tutti gli autori presenti in questa pubblicazione.

Estensione del ciclo di vita dei prodotti, ottimizzazione nell'uso dei materiali e dei manufatti, conservazione delle risorse all'interno del sistema economico, riduzione dei rifiuti sono oggi obiettivi fondamentali per il settore delle costruzioni nella prospettiva di benefici capaci di interessare non solo aspetti ambientali, ma anche innovazioni di prodotto e di processo e ricadute occupazionali.

Attualmente, nell'ambito delle strategie di circolarità il riciclo appare essere una pratica in crescente diffusione. Spesso però il riciclo implica l'ottenimento di materie prime seconde con proprietà inferiori a quelle originarie (downcycling) e richiede processi complessi ed energivori. Al contrario, le diverse forme di riutilizzo dei beni esistenti, se opportunamente pianificate ed organizzate, richiedono processi semplici e a basso impatto, sono in grado di ridurre la generazione di rifiuti e mantenere nel tempo il valore delle risorse incorporate nei manufatti – una volta rimossi dagli edifici – esten-

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

dendone la vita utile e la fruibilità con il minor consumo possibile di altri materiali ed energia e con il contenimento delle emissioni nell'ambiente.

Nella prospettiva dell'economia circolare, il focus di questo libro – e della ricerca Re-NetTA – è sugli edifici terziari. Questa perimetrazione nasce in virtù di una serie di considerazioni:

- gli edifici per il terziario a livello globale sono quantitativamente in crescita;
- approcci recenti nei modelli di lavoro e di utilizzo degli spazi (come hoteling, leasing, co-working, smart working e varie declinazioni di condivisione), riduzioni dei periodi di locazione, trasformazioni nel mercato immobiliare e nei modelli di commercio stanno spingendo fenomeni quali il ricorso all'utilizzo temporaneo, rapidi cicli di rinnovamento e riconfigurazione degli ambienti interni, aumento di beni obsoleti e inutilizzati;
- nei processi di dismissione vi è una elevata presenza di prodotti edilizi (in particolare attrezzature interne, impianti, finiture e arredi, ecc.) che hanno solitamente un elevato livello di prestazioni residue, sono caratterizzati dall'essere assemblati a secco (quindi facili da smontare), generalmente dotati di schede tecniche del produttore (quindi facilmente tracciabili) e sono composti da materie prime di alto valore.

A partire da queste premesse, e sulla base degli esiti della su citata ricerca, questo libro esamina le strategie e i modelli organizzativi più promettenti per mantenere nel tempo il valore delle risorse ambientali ed economiche integrate nei manufatti a destinazione terziaria, una volta rimossi dagli edifici, assumendo alcuni principi:

- l'integrazione delle “re-azioni”, le 4R (rimanufacturing, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione) come strategia di uso rigenerativo per la riduzione dell'utilizzo di risorse nelle attività manifatturiere e di rifiuti;
- l'edificio come “banca dei componenti”. L'edificio non è più inteso come ultima destinazione di prodotti industriali, ma come nodo all'interno di processi circolari;
- “obsolescenza programmata” come strategia proattiva per affrontare e ottimizzare le “4R”;
- prodotti edilizi dismessi con prestazioni residue intesi non come rifiuti, ma come beni disponibili per l'acquisto o lo scambio all'interno di nuovi mercati;
- dal prodotto al servizio, cioè superamento del concetto di acquisto di beni edilizi verso l'acquisto di prestazioni con approcci “pay per use”

- che presuppongono la presenza di operatori che gestiscono prodotti per periodi e usi;
- dalla proprietà all'utilizzo, anche grazie a modelli di business peer to peer e alla presenza di reti che facilitano la condivisione, il noleggio o il leasing e lo scambio di prodotti rigenerabili e riparabili nel tempo;
 - l'allungamento del ciclo di vita dei prodotti attraverso servizi di monitoraggio e manutenzione eventualmente integrati all'interno di servizi di Facility Management.

Il libro, che fa seguito al testo *Re-Manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*¹, è articolato in tre parti.

Nella prima parte del libro, “Scenari”, vengono introdotte alcune questioni relative all'economia circolare e alle specificità legate al settore edilizio (capitolo 1); approfonditi aspetti relativi all'edilizia per il terziario quale terreno di sperimentazione delle pratiche di circolarità (capitolo 2); illustrate possibili strategie di circolarità nel tessile per l'architettura (capitolo 3); ed infine analizzati innovativi approcci alla progettazione (Life Cycle Design) e modelli di relazione per lo sviluppo di Sistemi Prodotto-Servizio Sostenibili (capitolo 4).

Nella seconda parte del libro, “Teorie e pratiche”, vengono riportati, e collocati in una dimensione critico-interpretativa, alcuni dei più interessanti esiti emersi dalla ricerca Re-NetTA: vengono analizzati i tre modelli organizzativi per le pratiche di riuso e rimanifattura, ritenuti più promettenti anche alla luce di una serie di indagini per interlocutori privilegiati, ossia il modello basato sul servizio all-inclusive (capitolo 5), sul contratto di noleggio (capitolo 6) e sul mercato secondario di prodotti recuperati (capitolo 7).

Nella terza parte “Sperimentazioni”, infine, vengono presentati due progetti pilota condotti dal gruppo di ricerca Re-NetTA in partnership rispettivamente: con realtà produttive al fine di applicare principi del Design for remanufacturing su prodotti edilizi per spazi espositivi (capitolo 8); con soggetti del terzo settore al fine di applicare modalità organizzative innovative per lo sviluppo di nuovi mercati nei quali offrire prodotti rimanifatturati attraverso l'attivazione di reti di artigiani (capitolo 9).

1. Talamo C. (a cura di) (2022), *Re-Manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.

Parte I

Scenari

1. Nuovi approcci di circolarità per l'ambiente costruito

di Cinzia Talamo*

1.1 L'onda della circolarità

L'economia circolare¹ (EC) è da tempo riconosciuta a livello comunitario come una strategia prioritaria che persegue molteplici obiettivi, condivisi a livello globale, tra loro interconnessi, quali la neutralità climatica, l'uso razionale delle risorse, la riduzione dei rifiuti; allo stesso tempo si ritiene capace di stimolare la crescita economica e creare opportunità di lavoro².

Il documento comunitario “Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti” [COM(2014) 398] delinea efficacemente il carattere sistemico, multiscale, pluritematico e trasversale dell'economia circolare e ne evidenzia il potenziale innovativo in termini sia di cambiamento di paradigma nella produzione e nel consumo sia di trasformazioni sociali ed economiche: *“Nei sistemi di economia circolare i prodotti mantengono il loro valore aggiunto il più a lungo possibile e non ci sono rifiuti. Quando un prodotto raggiunge la fine del ciclo di vita, le risorse restano all'interno del sistema economico, in modo da poter essere riutilizzate*

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

1. Il concetto di economia circolare ha radici antiche che possono essere ricercate in diversi contributi: nella teoria dei limiti dello sviluppo del Club di Roma, nel concetto di “cradle to cradle” di Braungart and McDonough (2010), nella “performance economy” di Stahel (1994; 2016), nel modello del design rigenerativo di Lyle (1996) solo per citarne alcuni. Si veda anche Murray *et al.* (2017); Winans *et al.* (2017).

2. Uno studio (Econometrics, Cambridge, 2018) stima che l'economia circolare nella UE potrebbe aumentarne il PIL di un ulteriore 0,5% entro il 2030, creando circa 700.000 nuovi posti di lavoro. A questo si aggiungono i vantaggi – in termini di redditività e di protezione dalle variazioni dei prezzi delle risorse – per i settori manifatturieri dell'UE che è stimato oggi investano per l'acquisto di materiali mediamente circa il 40% della spesa [COM(2020) 98].

più volte a fini produttivi e creare così nuovo valore. Per passare ad un'economia più circolare occorre apportare cambiamenti nell'insieme delle catene di valore, dalla progettazione dei prodotti ai modelli di mercato e di impresa, dai metodi di trasformazione dei rifiuti in risorse alle modalità di consumo: ciò implica un vero e proprio cambiamento sistemico e un forte impulso innovativo, non solo sul piano della tecnologia, ma anche dell'organizzazione, della società, dei metodi di finanziamento e delle politiche” [COM(2014) 398].

L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile e l'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, nel perseguire un modello di sviluppo economico capace di bilanciare obiettivi di progresso sociale e salvaguardia dell'ambiente, hanno sicuramente contribuito ad aumentare l'interesse per approcci conservativi e rigenerativi delle risorse.

Il riconoscimento dei legami tra mitigazione dei cambiamenti climatici ed economia circolare è infatti sicuramente una importante leva per lo sviluppo di un modello economico orientato a mantenere il valore di prodotti, materiali e altre risorse il più a lungo possibile [Regolamento (UE) 2020/852]. In questo senso, in quanto modello di crescita rigenerativa, che mantiene il consumo di risorse all'interno dei limiti di sistema, all'economia circolare è riconosciuto un grande potenziale: *“il taglio delle emissioni di gas a effetto serra e la riduzione dell'uso delle materie prime primarie sono due facce della stessa medaglia”* [COM(2023) 306]. Intervenire in diverse fasi della catena di fornitura con logiche circolari implica migliorare l'efficienza nell'uso dei materiali e dell'energia nei processi industriali, riducendo emissioni di gas serra e altri impatti ambientali negativi. Misure quali la progettazione di prodotti longevi e/o facilmente riparabili e riusabili e la migliore gestione dei rifiuti (con aumento dei tassi di riciclaggio) consentono infatti ai materiali di rimanere più a lungo nel ciclo economico con l'effetto della riduzione della necessità di materie prime, del numero di fasi di lavorazione e del fabbisogno energetico, diminuendo di conseguenza le emissioni di gas serra.

Nonostante queste consapevolezza acquisite, i tanti e importanti pronunciamenti e documenti europei, nonché una crescente produzione scientifica, non deve sicuramente sfuggire il fatto che la transizione verso modelli di produzione e consumo alternativi a quello lineare è un percorso lungo e non privo di ostacoli, che prevede un radicale ridisegno delle catene del valore dei beni e dei modelli di business. Si tratta di un ridisegno complesso anche per la duplice dimensione dei processi a cui fa riferimento. A monte (upstream), si tratta di gestire le risorse in modo più efficiente, aumentandone la produttività nei processi di produzione, riducendo gli sprechi e ottimizzando il più possibile il valore dei prodotti e dei materia-

li. A valle (downstream), occorre che tutto ciò che ancora possiede una residua utilità/valore sia mantenuto il più a lungo possibile o recuperato e reintrodotta nel sistema economico evitando lo smaltimento (MiTE, 2022).

Anche in considerazione di tale complessità, è ormai consolidata la consapevolezza che la transizione verso modelli circolari di produzione e consumo deve essere necessariamente supportata attraverso un duplice approccio: *top down*, attraverso lo sviluppo di strumenti regolatori ed economici, e *bottom up*, attraverso azioni tese al coinvolgimento e alla condivisione di tutti i componenti del sistema sociale (imprese, pubblica amministrazione, consumatori/cittadini, associazioni, ecc.).

In questa direzione, con il pacchetto di iniziative strategiche contenute nel Green Deal europeo³ [COM(2019) 640], la Commissione Europea ha portato nell'alveo delle politiche comunitarie l'economia circolare. Misure per accelerare la transizione verso un'economia circolare si collocano infatti all'interno dell'ambizioso obiettivo di neutralità climatica entro il 2050⁴ previsto dal Green Deal (Fig. 1), in relazione al quale la Commissione sta proponendo politiche mirate per settori chiave.

All'interno del quadro di riferimento europeo si colloca il recente Piano d'Azione per l'Economia Circolare⁵ europeo COM(2020) 98, finalizzato a contribuire al raggiungimento degli obiettivi del Green Deal (Fig. 2).

L'attuale Piano, sviluppato in continuità con il precedente del 2015, prevede misure legislative e non solo, riguardanti l'intero ciclo dei prodotti, dalla progettazione al riciclo, con l'obiettivo di ridurre l'impronta complessiva della produzione e del consumo dell'Unione europea. Il Piano individua una pluralità di strategie (Box 1) da sviluppare rispetto alle catene di valore dei prodotti ritenuti maggiormente critici⁶: apparecchiature elet-

3. Il Green Deal comprende iniziative riguardanti non solo il clima, ma anche ambiti tra loro fortemente interconnessi quali ambiente, energia, trasporti, industria, agricoltura e finanza sostenibile.

4. "Con il regolamento europeo sul clima l'ambizione politica di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 diventa per l'UE un obbligo giuridico. Con la sua adozione, l'UE e i suoi Stati membri si sono impegnati a ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra nell'UE di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Sono state altresì approvate nel giugno 2021 dai Ministri dell'Ambiente dell'UE delle conclusioni sulla nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici" (MiTE, 2022).

5. Contemporaneo al Piano d'azione per l'economia circolare è il Piano d'azione per le materie prime critiche (Critical Raw Materials, CRMs) che, rispetto a un set di CRMs, propone strategie per diversificare l'approvvigionamento da fonti primarie e secondarie, al fine di incrementarne la sostenibilità ambientale e sociale e migliorare l'efficienza delle risorse e la circolarità.

6. In assenza di un insieme esaustivo di prescrizioni in grado di garantire che tutti i prodotti immessi sul mercato dell'UE soddisfino criteri di sostenibilità e di circolarità, gli obiettivi dichiarati dal Piano d'Azione per l'Economia Circolare fanno riferimento all'in-

triche ed elettroniche, batterie e veicoli, imballaggi, plastiche, tessili, costruzioni, alimenti⁷. Tali strategie (Box 1) sono finalizzate essenzialmente a incrementare lo sviluppo di prodotti ecosostenibili [COM(2022) 140] (Fig. 3) e la circolarità dei processi produttivi, a responsabilizzare i consumatori, a ridurre i rifiuti e ad attuare strategie e regolamenti per migliorare la sostenibilità a livello settoriale e sistemico. Il Piano europeo prevede infatti misure legislative e non, per l'intero ciclo dei prodotti, dalla progettazione al riciclo, con l'obiettivo di ridurre l'impronta complessiva della produzione e del consumo dell'Unione europea. Tra queste misure ci sono quelle che la Commissione europea ha presentato nel 2022 e che riguardano proposte per:

- un regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili, sulla progettazione ecocompatibile e l'etichettatura energetica;
- una nuova strategia per rendere i prodotti tessili più durevoli, riparabili, riutilizzabili e riciclabili [COM(2022) 141];
- nuove norme tese alla responsabilizzazione dei consumatori nella transizione verde, con strategie di miglioramento della protezione dal greenwashing e dell'informazione sulla sostenibilità ambientale dei prodotti;
- la promozione del mercato interno dei prodotti da costruzione al fine di garantire che il quadro normativo persegua più efficacemente obiettivi climatici e di sostenibilità.

tenzione della Commissione Europea di portare avanti sia iniziative legislative in materia di prodotti sostenibili, sia collaborazioni con gli stakeholder nelle principali catene di valore al fine di individuare gli ostacoli all'espansione dei mercati per i prodotti circolari e le modalità per superarli [COM(2020) 98].

7. L'elettronica è uno dei flussi di rifiuti maggiormente in crescita, oggi pari al 2% e meno del 40% viene riciclato in UE; gli imballaggi in Europa hanno toccato il picco di 173 kg/abitante; per le plastiche l'UE prevede il raddoppio del consumo di plastica nei prossimi 20 anni; il settore tessile è caratterizzato da un alto consumo di acqua, materie prime ed emissioni di gas serra con un riciclo appena all'1%; il settore edilizio è responsabile di circa il 50% delle estrazioni di materiali e del 35% dei rifiuti in ambito UE (e con emissioni di gas serra fra il 5% e il 12% (MiTE, 2022).

- Miglioramento della **durabilità, della riutilizzabilità, della possibilità di upgrading e della riparabilità** dei prodotti, la questione della presenza di **sostanze chimiche pericolose** nei prodotti e l'aumento della loro **efficienza sotto il profilo energetico e delle risorse**.
- Aumento del **contenuto riciclato nei prodotti**, garantendone al tempo stesso le prestazioni e la sicurezza.
- Possibilità di **rifabbricazione** e di **riciclaggio di elevata qualità**.
- Riduzione delle **impronte carbonio e ambientale**.
- Limitazione dei prodotti **monouso** e la lotta contro l'**obsolescenza prematura**.
- Introduzione del **divieto di distruggere i beni durevoli non venduti**.
- Promozione del modello **“prodotto come servizio”** o di altri modelli in cui **i produttori mantengono la proprietà del prodotto** o la responsabilità delle sue prestazioni per l'intero ciclo di vita.
- Mobilitazione del potenziale di **digitalizzazione** delle informazioni relative ai prodotti, ivi comprese soluzioni come **i passaporti, le etichettature e le filigrane digitali**.
- Sistema di ricompense destinate ai prodotti in base alle loro **diverse prestazioni in termini di sostenibilità**, anche associando i livelli elevati di prestazione all'ottenimento di incentivi.

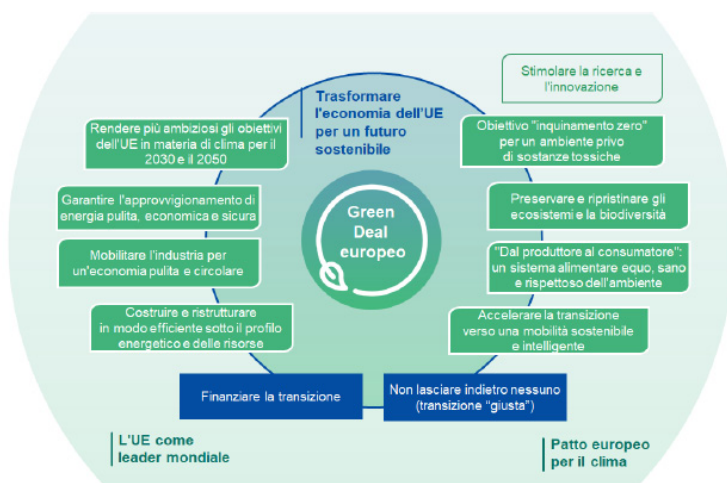


Fig. 1 - Il Green Deal europeo. Fonte: COM(2019) 640

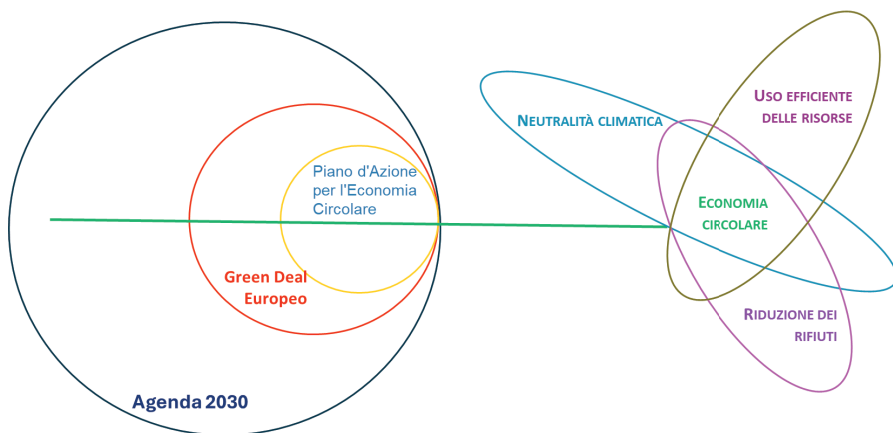


Fig. 2 - Le strategie per la circolarità

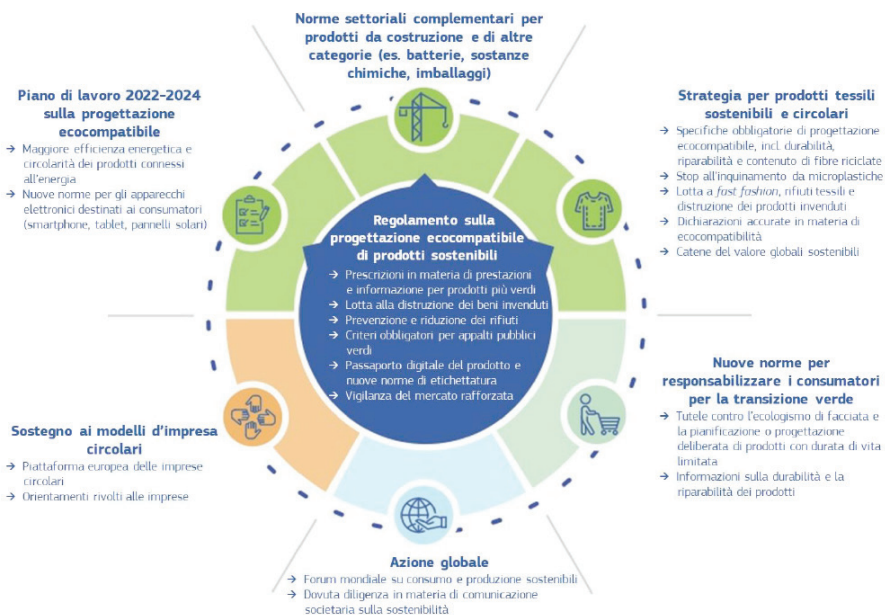


Fig. 3 - Le azioni EU nella direzione di prodotti ecosostenibili e circolari. Fonte: COM(2022) 140

Green Deal e Piano d’Azione per l’Economia Circolare stanno stimolando dunque una ingente quantità di iniziative e di proposte di regolamenti (come testimoniato dalla sequenza temporale di questo ultimo anno in tabella 1) che delineano, almeno potenzialmente, scenari europei di grande trasformazione nei modi di progettare e gestire prodotti, processi e servizi.

Tab. 1 - Iniziative e proposte di regolamenti della Commissione europea in materia di circolarità nel periodo 2022-23

Marzo 2023	Proposte in materia di crediti verdi COM(2023) 166 final e diritto alla riparazione COM(2023) 155 final
Maggio 2023	Revisione del quadro di monitoraggio dell’economia circolare
Settembre-Ottobre 2023	Adozione di diverse iniziative in materia di microplastiche
Novembre 2022	Adozione delle misure proposte nel piano d’azione per l’economia circolare: <ul style="list-style-type: none"> – revisione delle norme dell’UE in materia di imballaggi e rifiuti di imballaggio [COM(2022) 677 final]; – comunicazione su le materie plastiche biobased, biodegradabili e compostabili
Aprile 2022	Adozione delle proposte per misure riviste per contrastare l’inquinamento provocato dai grandi impianti industriali [revisione della direttiva sulle emissioni industriali COM(2022) 156 final]: <ul style="list-style-type: none"> – revisione del registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti
Marzo 2022	Adozione del pacchetto di misure proposte nel piano d’azione per l’economia circolare: <ul style="list-style-type: none"> – iniziativa sui prodotti sostenibili, compresa la proposta di regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili [COM (2022) 142] – Strategia dell’UE per i tessili sostenibili e circolari [COM (2022) 141] – proposta di regolamento riveduto sui prodotti da costruzione [COM (2022) 144] – proposta di una direttiva per il sostegno ai consumatori nella transizione verde [COM (2022) 143]

Allo stesso modo il tema dell’economia circolare ha visto una notevole accelerazione a livello europeo per quanto riguarda strategie sviluppate a livello di città, regioni e nazioni europee⁸ (Tab. 2).

8. Uno studio commissionato dall’European Economic and Social Committee (Salvatori *et al.*, 2019) su 33 strategie europee per la circolarità (Tab. 2) ha evidenziato la molteplicità delle scale di applicazione e il crescente interesse a definire, in termini programmatici, linee di azione. Lo studio ha individuato alcune principali categorie di approcci:

Tab. 2 - Strategie di economia circolare e roadmap in Europa. Tratto e adattato da Salvatore et al., 2019

Stato	Strategia	Livello di applicazione	Territorio di riferimento
Belgio	Programma Regionale per l'economia circolare 2016-2020	Regionale	Bruxelles
	Il Belgio pioniere dell'economia circolare	Nazionale	Belgio
Danimarca	Strategia per l'economia circolare	Nazionale	Danimarca
Finlandia	Road map dell'economia circolare	Regionale	Päijät-Häme
	La road map finlandese per un'economia circolare 2016- 2025	Nazionale	Finlandia
Francia	Roadmap per l'economia circolare – 50 misure per un'economia circolare al 100%	Nazionale	Francia
	Piano di economia circolare per Parigi	Locale	Parigi
	L'economia circolare nel Poitou-Charentes	Regionale	Poitou-Charentes
Germania	Programma tedesco per l'uso efficienza delle risorse II. Programma per l'uso sostenibile e la conservazione delle risorse naturali	Nazionale	Germania
Grecia	Transizione verso un modello di economia circolare per modelli di produzione e consumo sostenibili	Nazionale	Grecia
Italia	Verso un modello di economia circolare per l'Italia. Documento di inquadramento e di posizionamento strategico	Nazionale	Italia
Lussemburgo	Piano nazionale di gestione dei rifiuti e delle risorse	Nazionale	Lussemburgo
Norvegia	Strategia per un consumo sostenibile e circolare a Oslo	Locale	Oslo
Polonia	Road map – trasformazione verso un'economia circolare	Nazionale	Polonia

strategie integrate in gran parte concentrate su strumenti e politiche di carattere generale miranti a orientare l'interesse dell'opinione pubblica verso il concetto di economia circolare; strategie focalizzate su specifici settori e su stakeholder selezionati; strategie che affrontano il tema in modo generale, ma con una chiara definizione delle priorità in relazione alle quali perseguono l'attivazione di processi circolari per tipologie di materiali e l'attivazione di partenariati inclusivi.

Tab. 2 - segue

Stato	Strategia	Livello di applicazione	Territorio di riferimento
Portogallo	Guidare la transizione: piano d'azione per l'economia circolare del Portogallo 2017-2020	Nazionale	Portogallo
Slovenia	Strategia per la transizione all'economia circolare nel Comune di Maribor	Locale	Maribor
	Road map verso l'Economia Circolare in Slovenia	Nazionale	Slovenia
Spagna	Strategia per l'economia verde e circolare. Piano d'azione del governo dell'Estremadura	Regionale	Estremadura
	Promozione dell'Economia verde e circolare in Catalogna	Regionale	Catalonia
	Spagna Circolare 2030. Strategia spagnola per l'economia circolare.	Nazionale	Spagna
Paesi Bassi	L'economia circolare nei Paesi Bassi entro il 2050	Nazionale	Paesi Bassi
	L'Aia Circolare – transizione verso un'economia sostenibile	Locale	L'Aia
	Amsterdam Circular – una visione e una road map per la città e la regione	Locale	Amsterdam
	I passi verso l'economia circolare 2019-2028 in Brabante	Regionale	Brabante
Regno Unito	Far durare le cose: una strategia di economia circolare per la Scozia	Regionale	Scozia
	Road map per l'Economia circolare di Londra	Locale	Londra
	Economia circolare / Strategia zero rifiuti per la città di Derry e il distretto di Strabane	Locale	Derry e Strabane, Irlanda Nord
	Glasgow Circolare: una visione e un piano d'azione per la città di Glasgow	Locale	Glasgow Scozia
	Peterborough Circolare: Circular City Road map per una città circolare – un piano ambizioso e quadro di monitoraggio dei risultati verso il 2021	Locale	Peterborough

A livello nazionale italiano, la recente “Strategia nazionale per l’economia circolare”⁹ rappresenta un importante quadro programmatico, tradotto in una road map di azioni e di target misurabili da qui al 2035. La strategia delinea, coerentemente con il Piano d’azione per l’Economia Circolare europeo, obiettivi, azioni e misure da assumere nello sviluppo delle politiche istituzionali coinvolte nella transizione verso modelli di economia circolare (Tab. 3); definisce inoltre possibili strumenti amministrativi e fiscali ritenuti necessari a potenziare i processi circolari e la competitività (in particolare per disponibilità, prestazioni e costi) delle materie seconde rispetto alle materie prime vergini.

Ecodesign, riutilizzo e riparazione, end of waste, materie prime critiche e sviluppo di un mercato di materie prime seconde, acquisti pubblici verdi e criteri ambientali minimi (CAM), simbiosi industriale, responsabilità estesa del produttore, digitalizzazione, tracciabilità di materiali e rifiuti sono temi cardine sui quali la Strategia nazionale si focalizza, cercando di disegnare il sistema all’interno del quale le varie misure, che verranno adottate nel tempo, si dovranno collocare in coerenza con un quadro di riferimento internazionale e nazionale¹⁰ in costante evoluzione.

9. Il Ministero della Transizione Ecologica ha pubblicato, con il Decreto Ministeriale n. 259 del 24 giugno 2022, la Strategia Nazionale per l’economia circolare, congiuntamente al Piano Nazionale per la Gestione dei Rifiuti.

10. Il quadro di riferimento nazionale è già molto articolato, ricco e in continua evoluzione, comprendendo: la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS) (Delibera CITE il 18 settembre 2023); la Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030 (SNB) (Decreto Ministeriale n. 252 del 3 agosto 2023); il Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030 (PNIEC) (proposta di aggiornamento attualmente in fase di consultazione); il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR); il Piano per la Transizione Ecologica (PTE) (approvato nel marzo 2022 dal CITE); il Piano d’azione della Strategia italiana sulla Bioeconomia (approvata dalla cabina di Regia FSC nel 2017); il Programma Nazionale di Gestione dei Rifiuti (PNGR) (D.M. 24 giugno 2022 n. 257); il Programma Nazionale Prevenzione Rifiuti (approvato con DD del 7/10/13).

Tab. 3 - Obiettivi di circolarità europei e nazionali. Tratto e adattato da MiTE (2022)

Obiettivo	Fonte	Target europeo	Target Nazionale (se recepito diversamente)
Preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e recupero dei rifiuti urbani	Art. 11 Direttiva 2008/98/CE (recepito nell'art. 181 D.lgs. 152/2006)	<ul style="list-style-type: none"> – 55% in peso entro il 2025 – 60% in peso entro il 2030 – 65% in peso entro il 2035 	–
Raccolta differenziata dei rifiuti urbani	Art. 205 D.lgs. 152/2006 L. 27 dicembre 2006, n. 296	–	<ul style="list-style-type: none"> – 35% entro il 2006 – 45% entro il 2008 – 65% entro il 2012
Rifiuti tessili	Art. 11, comma 1 Direttiva 2008/98/CE modificata dalla direttiva 2018/851/UE (art. 205 D.lgs. 152/2006)	Istituire la raccolta differenziata dei rifiuti tessili entro il 2025	Istituire la raccolta differenziata entro il 1° gennaio 2022 (art. 205 D.lgs. 152/2006)
Rifiuti organici	Art. 22 Direttiva 2008/98/CE (recepito nell'art. 182-ter D.lgs. 152/2006)	Raccolta differenziata e riciclaggio alla fonte entro il 31 dicembre 2023	–
Rifiuti domestici pericolosi	Art. 20 Direttiva 2008/98/CE – sostituito dall'art. 1 par. 17 direttiva 2018/851/UE	Raccolta differenziata delle frazioni di rifiuti domestici pericolosi entro il 1 gennaio 2025	–
Riciclaggio dei materiali da imballaggio	Art. 6 della Direttiva 94/62/CE modificata da direttiva 2018/852/UE	Entro il 31 dicembre 2030: <ul style="list-style-type: none"> – 55% plastica – 30% legno – 80% materiali ferrosi – 60% alluminio – 75% vetro – 85% carta e cartone – 70% in peso di tutti i rifiuti di imballaggio 	–

Tab. 3 - segue

Obiettivo	Fonte	Target europeo	Target Nazionale (se recepito diversamente)
Tasso di raccolta dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)	Direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche e elettroniche (RAEE) (recepito all'art. 14 D.lgs. 49/2014)	Tasso minimo di raccolta pari a: – 65% del peso medio delle AEE immesse sul mercato nei 3 anni precedenti o, in alternativa 85% del peso dei RAEE prodotti nel territorio dello Stato membro	–
Riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente	Direttiva 2019/904/UE (recepito all'art. 9 D.lgs. 196/2021)	Livello minimo di raccolta differenziata per il riciclo delle bottiglie in plastica. Entro il 31 dicembre 2025 77%, in peso, di tali prodotti di plastica monouso immessi sul mercato in un determinato anno. Entro il dicembre 2029 90%, in peso, di tali prodotti di plastica monouso immessi sul mercato in un determinato anno	–
Discariche	Direttiva 1999/31/CE modificata dalla direttiva 2018/850/UE	Entro il 31 dicembre 2035 limitare la quota di rifiuti urbani collocati in discarica al 10%	–
Rifiuti di costruzione e demolizione	Art. 11 della direttiva 2008/98/CE (recepito nell'art. 181 D.lgs. 152/2006)	Entro il 31 dicembre 2020 70% percentuale di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e recupero di materiali	–

Quello che si delinea è uno scenario estremamente dinamico, coinvolgente la quasi totalità dei settori produttivi, fatto di documenti programmatici e di un crescente numero di misure tese ad attuare gli orientamenti del Green Deal europeo e del Piano d’Azione per l’Economia Circolare. Non può però essere ignorata una situazione che vede da una parte una ingente mole di pronunciamenti e di documenti di indirizzo – che pare perfino sovrabbondante – e dall’altra l’incertezza dell’effettivo livello di avanzamento e di efficacia della transizione circolare, rispetto alla quale è sicuramente necessario un costante monitoraggio rispetto a indicatori condivisi e univocamente calcolabili (Tab. 4). In realtà in questo momento l’elaborazione di indicatori di economia circolare sia in letteratura (Elia *et al.*, 2017) che nei lavori della Commissione Europea¹¹ è estremamente ricca (Tab. 5) e forse l’estrema varietà ed eterogeneità dei riferimenti rischia di rendere difficoltosa l’interpretazione e l’applicazione su casi reali.

Tab. 4 - Indicatori per il monitoraggio dell’economia circolare. Tratto e adattato da COM(2023) 306

N.	Indicatore	Pertinenza	Fonte
<i>Produzione e consumo</i>			
1a-b	Consumo di materiali 1a Impronta dei materiali (tonnellate pro capite) 1b Produttività delle risorse (EUR/kg)	La riduzione del consumo di materiali indica un disaccoppiamento tra crescita economica e uso delle risorse.	Eurostat
2	Appalti pubblici verdi	Gli appalti pubblici rappresentano una parte consistente dei consumi e possono favorire l’economia circolare.	Commissione europea

11. Lo studio di Moraga *et al.* (2019) dà evidenza di tale complessità e propone una duplice tassonomia di indicatori e un tentativo di clusterizzazione. Da una analisi di letteratura emergono alcune aree di focalizzazione degli indicatori: funzioni, prodotti, componenti, materiali, energia incorporata. Da una analisi degli indicatori elaborati all’interno di studi e pronunciamenti della Commissione Europea al fine di monitorare lo sviluppo della EC, gli autori individuano dieci aree di interesse: autosufficienza delle materie prime; appalti pubblici verdi; produzione di rifiuti; rifiuti alimentari; tassi di riciclaggio; riciclaggio/recupero per specifici flussi di rifiuti; contributo dei materiali riciclati alla domanda di materie prime; commercio di materie prime riciclabili; investimenti privati, occupazione e margine lordo; brevetti relativi al riciclaggio e alle materie prime secondarie.

Tab. 4 - segue

N.	Indicatore	Pertinenza	Fonte
3a-f	Produzione di rifiuti 3a Produzione totale di rifiuti pro capite (kg pro capite) 3b Produzione totale di rifiuti (esclusi i rifiuti minerali più importanti) per PIL (kg per EUR) 3c Produzione di rifiuti urbani pro capite 3d Rifiuti alimentari (kg pro capite) 3e Produzione di rifiuti di imballaggio pro capite (kg pro capite) 3f Produzione di rifiuti di imballaggio di plastica pro capite (kg pro capite)	In un'economia circolare la produzione di rifiuti è ridotta al minimo.	Eurostat
<i>Gestione dei rifiuti</i>			
4a-b	Tassi di riciclaggio complessivi 4a Tasso di riciclaggio dei rifiuti urbani (%) 4b Tasso di riciclaggio di tutti i rifiuti esclusi i rifiuti minerali più importanti (%)	L'aumento del riciclaggio fa parte della transizione verso un'economia circolare.	Eurostat
5a-c	Tassi di riciclaggio per flussi di rifiuti specifici 5a Tasso di riciclaggio dei rifiuti complessivi di imballaggio (%) 5b Tasso di riciclaggio dei rifiuti di imballaggio di plastica (%) 5c Tasso di riciclaggio dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche oggetto di raccolta differenziata (%)	I progressi nel riciclaggio dei principali flussi di rifiuti sono essenziali per la sostenibilità e la resilienza.	Eurostat
<i>Materie prime secondarie</i>			
6a-b	Contributo dei materiali riciclati alla domanda di materie prime 6a Percentuale di utilizzo dei materiali circolari (%) 6b Tasso di riciclaggio dei materiali a fine vita (%)	In un'economia circolare, le materie prime secondarie sono comunemente utilizzate per realizzare nuovi prodotti.	Eurostat, altri servizi della Commissione europea

Tab. 4 - segue

N.	Indicatore	Pertinenza	Fonte
7a-c	Commercio di materie prime riciclabili 7a Importazioni da Paesi terzi (tonnellate) 7b Esportazioni verso Paesi terzi (tonnellate) 7c Commercio intra-UE (tonnellate)	Il commercio di materiali riciclabili indica l'importanza del mercato interno e degli scambi internazionali nell'economia circolare.	Eurostat
<i>Competitività e innovazione</i>			
8a-c	Investimenti privati, posti di lavoro e valore aggiunto lordo nei settori dell'economia circolare 8a Investimenti privati (% PIL) 8b Occupazione (% occupazione) 8c Valore aggiunto lordo (% PIL)	L'economia circolare può contribuire alla creazione di occupazione e crescita.	Eurostat
9	Innovazione verde 9 Brevetti relativi alla gestione dei rifiuti e al riciclaggio (numero e numero per milione di abitanti)	Le tecnologie innovative relative all'economia circolare rafforzano la competitività globale dell'UE.	Centro comune di ricerca sulla base di PATSTAT

Tab. 5 - Documenti contenenti indicatori qualitativi e quantitativi di circolarità

<p>A. Regolamenti e Direttive</p> <ul style="list-style-type: none"> – Regulation (EU) 2022/1288 [last version available of EU Sustainable Finance Disclosure Regulation – SFDR] – EU Green Public Procurement (GPP) – EU-TAXONOMY based on Do Not Significant Harm (DNSH) – European Sustainability Reporting Standards (ESRS) Exposure Drafts by European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG) [last version: November 2022] – EU Green Bond Standard (GBS) à EU TAXONOMY <p>B. Norme volontarie e linee guida</p> <ul style="list-style-type: none"> – BS ISO 20887:2020 – Sustainability in buildings and civil engineering works. Design for disassembly and adaptability – BS ISO 59020 – Circular economy. Measuring and assessing circularity – BS EN 17902 – Furniture. Circularity. Requirement and evaluation methods for dis-/reassembly – Level(s)
--

- Green Building Index (GBI) Assessment Criteria for Non-Residential New Construction (NRNC) [last version: 1.0 – 2009] and Residential New Construction (RNC) [last version: 3.0 – 2013]
- Regulatory Technical Standards (RTS) by European Securities and Markets Authority (ESMA) à Regulation (EU) 2022/1288
- International Integrated Reporting Council (IIRC) by International Financial Reporting Standards (IFRS) Foundation
- Global Reporting Initiative (GRI)
- UNI/TS 11820:2022 – Misurazione della circolarità. Metodi ed indicatori per la misurazione dei processi circolari nelle organizzazioni

C. Sistemi di ranking e certificazioni

- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauer (DGNB) – German Sustainable Building Council
- Ellen MacArthur Foundation (EMF) – Material Circularity Indicator (MCI) [2019]
- Global Real Estate Sustainability Benchmark (GRESB) Assessment [2023]
- Circular Transition Indicators (CTI) by World Business Council For Sustainable Development (WBCSD)[2023]
- Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) Certification
- UK New Construction Technical Manual [2023]
- Sustainability Accounting Standards Board (SASB) by International Financial Reporting Standards (IFRS) Foundation [2018]
- Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Certification – Building Design + Construction / Interior Design + Construction / Operations + Maintenance [2023]
- ARUP Circular Buildings Toolkit
- WELL Building Standard Certification [2023]
- National Green Building Standard (NGBS) Certification [2020]

In ogni caso, di certo il tema della circolarità, nelle sue tante declinazioni, pare essere diventato ormai un obiettivo europeo comune e ineludibile, capace almeno potenzialmente di attivare traiettorie di innovazione e l'interesse di una molteplicità di stakeholder all'interno dei vari settori produttivi. Se si considera infatti da una prospettiva istituzionale top down, appare evidente che complessivamente il tema della circolarità, in termini di orientamenti generali e di criteri, e in parte di provvedimenti, ha avuto in questi anni una enorme ricchezza di contributi; lo stesso si può affermare considerando la quantità di lavori scientifici, che stanno approfondendo gli studi e le sperimentazioni in diversi campi disciplinari. Se consideriamo invece le cose da una prospettiva bottom up, le situazioni appaiono variegata. Alcuni ambiti industriali più di altri – vuoi per natura della produzione e dei campi d'uso, per tradizioni e per esperienze sedimentate di simbiosi industriale – appaiono essere ormai maturi nelle pratiche di circolarità.

Parallelamente sul versante dei consumatori, almeno per alcuni prodotti, una sensibilità via via più diffusa appare ormai consolidata e capace di orientare i comportamenti e l'offerta di beni di consumo verso pratiche circolari. Resta da capire quali forme di circolarità siano le più virtuose e come il settore delle costruzioni, con le sue specificità, declini il concetto di transizione circolare.

1.2 Il settore delle costruzioni: non solo riciclo

Tra i diversi settori produttivi, quello delle costruzioni è sicuramente riconosciuto come un settore critico per consumo di energia¹² e materiali, emissioni di gas climalteranti e produzione di rifiuti in fase sia di realizzazione che di utilizzo e dismissione dei manufatti edilizi.

Per quanto riguarda l'uso di risorse e la produzione di CO₂, l'incidenza del settore delle costruzioni è estremamente rilevante. In questo senso esistono diverse stime, non sempre perfettamente confrontabili. Alcuni studi riconoscono il settore delle costruzioni responsabile di circa il 50% di tutte le estrazioni di materiali [COM(2020) 98] e responsabile di emissioni di gas a effetto serra in una percentuale che va dal 5 al 12% delle emissioni¹³ nazionali totali considerando le diverse filiere coinvolte nelle attività di estrazione, fabbricazione di prodotti da costruzione, costruzione e ristrutturazione degli edifici¹⁴.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change¹⁵ stima che a livello globale l'ambiente costruito possa essere considerato responsabile per le emissioni di 12 Gt CO₂eq su un totale di 54 Gt CO₂eq, rappresentando approssimativamente il 21% del totale e considerando le tre forme di emissione diretta, indiretta e incorporata.

Il rapporto OECD (2019) stima che, anche a seguito della crescita dell'economia mondiale e del tenore di vita nei Paesi in via di sviluppo, il settore delle costruzioni nel periodo 2017-2060 raddoppierà la sua

12. Si stima che gli edifici rappresentino circa il 40% di domanda finale di energia in EU (European Commission 2018). The Energy Performance of Buildings Directive. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/epbd_factsheet_20180503_dc_v03e_final.

13. www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/vaxthusgaser/.

14. Secondo altri studi (Rossi *et al.*, 2012) questi valori si potrebbero attestare tra l'8 e il 15%.

15. IPCC (2022): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

produzione di infrastrutture e abitazioni (con una particolare intensità per Asia e Africa); di conseguenza il consumo di materie prime potrà risultare quasi raddoppiato, portando nel 2060 a circa 84 miliardi di tonnellate (Gt) per anno l'uso di materiali da costruzione. La previsione è che, a queste condizioni, il più grande aumento riguarderà minerali, tra cui materiali da costruzione e metalli¹⁶, con una stima di crescita da 3.5 a 4.6 Gt CO₂eq/anno delle emissioni legate ai materiali da costruzione nei prossimi 40 anni. Rispetto a queste previsioni di emissioni sono possibili diversi scenari in relazione a possibili politiche di mitigazione (IPCC, 2022), tuttavia l'ordine di grandezza dei valori rende evidente in una prospettiva temporale l'entità dell'impatto a livello globale del settore delle costruzioni.

Per quanto riguarda l'ambito UE, studi (Materials Economic) stimano che il comparto edilizio consumi fino a 1,6 miliardi di tonnellate (Gt) di materiali all'anno. Nonostante fluttuazioni¹⁷ (Fig. 4), dovute in parte a fattori di incertezza dello scenario mondiale, si tratta di un valore probabilmente destinato tendenzialmente a salire in considerazione dei costanti investimenti per attività sia di nuova edificazione che di rinnovo e sostituzione sullo stock esistente¹⁸. Considerando gli attuali processi produttivi e analizzando solo cemento, acciaio, alluminio e plastiche, si stima (Materials Economic) che entro il 2050 le emissioni incorporate di CO₂¹⁹ associate con la produzione edilizia potrebbero arrivare a una entità di circa 230 Mt (Fig. 5) con la possibilità, se attuata una serie di misure integrate, di una riduzione tra il 30% e il 50% (Ellen MacArthur Foundation, 2019), stimata da alcuni studi (Hertwich *et al.*, 2020)²⁰ fino all'80%.

16. Si stima che l'industria siderurgica da sola rappresenti il 7,2% delle emissioni di gas serra, di cui il 55% va nel settore dell'ambiente costruito, con il 33% negli edifici e il 22% nelle infrastrutture. United Nations Environment Programme (2022).

17. Stime Euroconstruct vedono un calo complessivo dell'1,1% nel 2023 nella produzione edilizia, seguito da un'ulteriore contrazione dello 0,7% nell'anno successivo, evidenziando difficoltà per il settore delle costruzioni le cui aspettative di ripresa sono state rinviate al 2025.

18. Si stima che ogni anno l'1% degli edifici dell'UE sia soggetto a interventi di rinnovo; nuovi edifici sono realizzati per circa l'1-1,5% del totale dello stock (Wiedenhofer *et al.*, 2015).

19. Secondo studi (Materials Economic) la fase costruttiva rappresenta la metà dell'impronta di CO₂ nel corso della vita di un edificio (con la fase di utilizzo per la restante metà).

20. Uno studio del Ellen Macarthur Foundation (2019) valuta che azioni coordinate di economia circolare per l'ambiente costruito possano portare a una riduzione globale dell'emissione di carbonio di circa il 38% nel 2050 grazie ad una riduzione di acciaio, alluminio, cemento e plastiche.

Variazione rispetto all'anno precedente, % in termini reali

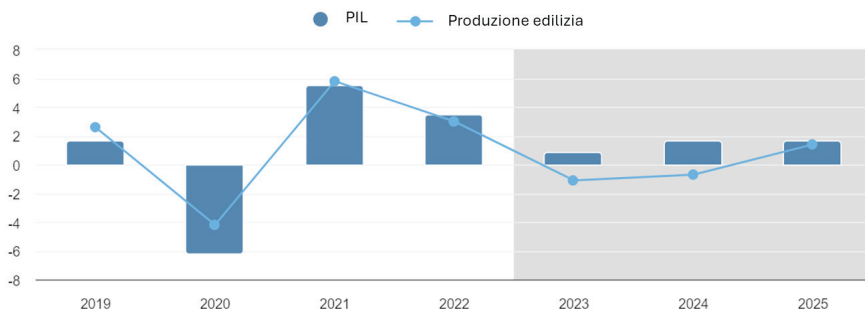


Fig. 4 - PIL e produzione edilizia in Europa. Fonte Euroconstruct 2023, 95th Conference

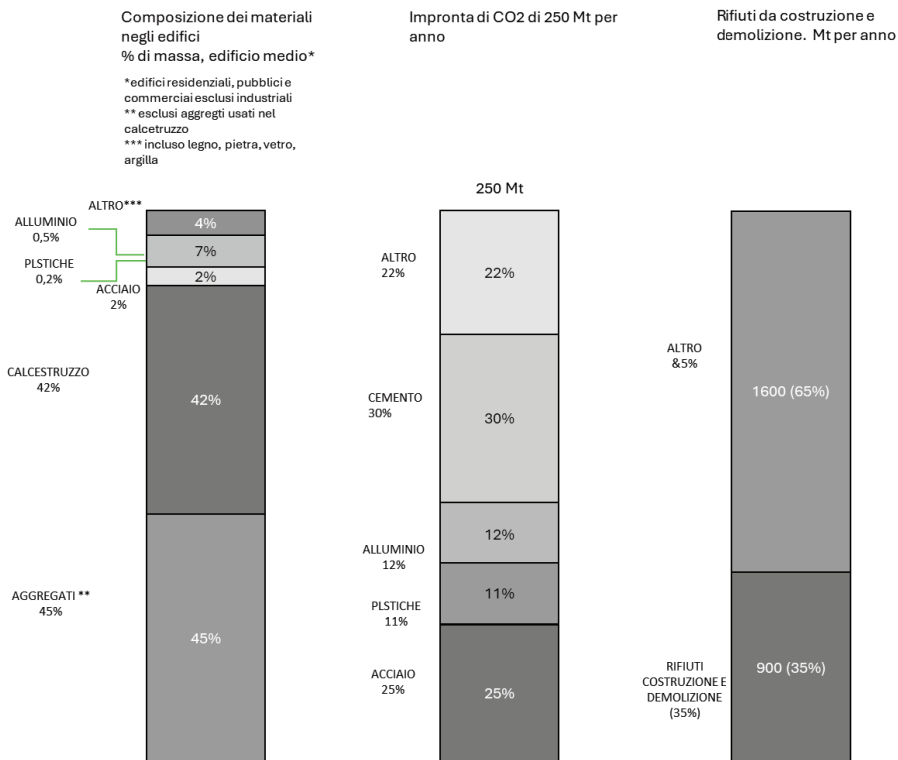


Fig. 5 - Contenuti di materiali per edifici residenziali, pubblici e commerciali (esclusi edifici industriali). Tratta da Materials Economic

Le stime in figura 5 evidenziano come nell'ambito delle costruzioni il cemento incida in modo significativo sia in termini di CO₂ incorporata sia di emissioni globali²¹. In generale deve essere anche considerato il fatto che la porzione più significativa dell'impronta di carbonio dei materiali risulta associata ad elementi strutturali e che questo aspetto apre alla importante questione della conservazione dello stock edilizio esistente in ottica di riuso adattivo.

Anche per quello che riguarda la produzione di rifiuti i numeri del settore edilizio sono rilevanti rispetto ad altri comparti. A livello europeo infatti i rifiuti da costruzione e demolizione rappresentano, in termini assoluti, il flusso più cospicuo di rifiuti speciali prodotti: si stima infatti (Eurostat, 2020) che più di un terzo di tutti i rifiuti generati in EU siano rifiuti da costruzione e demolizione²² con una produzione media procapite del 35.7% secondo dati Eurostat (Tab. 6).

Tab. 6 - Generazione di rifiuti da attività economiche e ambito domestico in Europa, 2018 (%). Fonte: Eurostat (online data code: env_wasgen)

	Minerario ed estrattivo	Manifatturiero	Energia	Costruzione e demolizione	Altre attività economiche	Ambito domestico
EU-27	26.3	10.7	3.5	35.7	15.7	8.2

I dati della produzione di rifiuti da costruzione e demolizione in Italia si attestano sulla media europea (Tab. 6), con un valore procapite stimato del 35.3% (dati Eurostat, 2018). In particolare, rispetto a questo ultimo aspetto, come evidenziano dati ISPRA (ISPRA, 2023), la generazione di rifiuti non pericolosi da attività di costruzione e demolizione ha visto, rispetto a varie categorie di rifiuti²³, una crescita significativa (Tab. 7), specie nel biennio 2017-2018 (+8,4%, corrispondente a oltre 3,5 milioni di tonnellate), con una produzione che si attesta a circa 45,8 milioni di tonnellate nel 2018.

21. Le reazioni chimiche legate alla produzione di cemento sono stimate in circa 1.4 Gt di CO₂ all'anno globalmente. 1 Gt di CO₂ deriva dall'intenso utilizzo di energia necessaria alla produzione: il totale di 2.4 Gt CO₂ corrisponde circa al 7% del totale complessivo di emissioni di CO₂ dai settori dell'energia e dell'industria (International Energy Agency, 2017; Andrew, 2018).

22. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en.

23. Si fa riferimento alla voce 17 dell'Elenco europeo dei rifiuti, a esclusione delle terre e rocce e dei fanghi di dragaggio.

Tab. 7 - Produzione e preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e altre forme di recupero dei rifiuti da costruzioni e demolizioni secondo la codifica del Regolamento (CE) n. 2150/2002 relativo alle statistiche sui rifiuti recupero di materia dei rifiuti da costruzioni e demolizioni secondo la codifica del Regolamento (CE) n. 2150/2002 relativo alle statistiche sui rifiuti. Elaborazione dell'autore su dati: Annuario dei Dati Ambientali (isprambiente.it)

Voce	Descrizione Rifiuti* (0)	2010**	2010***	2011**	2011***	2012**	2012***	2013**	2013***	2014**	2014***	2015**	2015***	2016**	2016***	2017**	2017***	2018**	2018***
6.1	metalli ferrosi	5.223.552	3.288.619	4.086.081	3.452.115	4.153.033	3.490.709	3.949.071	3.374.712	3.589.808	3.046.070	3.457.164	2.949.921	3.571.785	3.058.448	4.242.120	3.770.442	4.367.293	3.898.045
6.2	metalli non ferrosi	638.436	253.986	441.016	294.416	499.442	343.546	332.372	211.779	396.677	279.915	398.922	283.820	440.007	318.907	492.483	294.218	355.550	212.328
6.3	metalli non ferrosi e non ferrosi	183.157	116.604	170.948	111.635	140.422	90.516	152.975	119.060	151.012	101.754	143.314	103.566	211.285	117.085	123.317	67.713	169.980	128.339
7.1	vetri	47.623	23.165	53.797	36.038	60.235	42.409	59.226	47.284	71.986	60.988	77.354	67.077	78.215	65.492	80.344	67.604	88.209	67.920
7.4	plastica	20.113	9.150	24.989	9.001	34.112	7.082	25.873	12.741	24.845	11.537	36.908	21.980	29.189	14.888	40.965	15.725	25.075	9.128
7.5	legno	263.111	101.684	197.956	133.020	151.407	78.533	132.889	101.024	151.670	113.260	152.560	119.110	168.046	137.173	175.413	150.650	195.569	163.958
12.1	Rifiuti minerali della costruzione e della demolizione	35.739.806	25.043.296	36.520.889	27.173.772	33.756.796	25.245.403	30.802.013	22.903.844	34.017.922	24.933.991	34.492.850	25.932.240	34.806.036	26.235.653	37.126.551	27.403.831	40.632.666	31.017.775
Totale nazionale		42.115.798	24.836.504	42.096.376	31.209.097	38.795.447	29.298.198	35.454.323	26.770.444	38.403.730	28.546.625	38.759.072	29.477.814	39.302.563	29.947.646	42.283.193	31.770.183	45.834.362	35.497.493

* Aggregazione delle categorie dei rifiuti di cui all'allegato 1, sezione 2 del Regolamento (CE) n. 2150/2002

** Produzione dei rifiuti da costruzioni e demolizioni secondo la codifica del Regolamento (CE) n. 2150/2002 relativo alle statistiche sui rifiuti

*** Preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e altre forme di recupero di materia dei rifiuti da costruzioni e demolizioni secondo la codifica del Regolamento (CE) n. 2150/2002 relativo alle statistiche sui rifiuti

Parallelamente, i dati relativi al recupero di materia (ISPRA, 2023) evidenziano un trend di crescita (Tab. 7) al di sopra dell'obiettivo del 70% fissato dalla Direttiva 2008/98/CE per il 2020 (Fig. 6).

Se si considera l'anno 2018, la maggior parte del riciclo interessa i rifiuti minerali (oltre 31milioni di tonnellate), seguiti dai rifiuti metallici ferrosi, non ferrosi e misti (4,2 milioni di tonnellate) e le altre frazioni quali legno, vetro e plastica (rispettivamente, 164 mila tonnellate, 68 mila tonnellate e 9 mila tonnellate) (Tab. 7). La quantità di rifiuti utilizzata per operazioni di colmatazione, comunicata alla Commissione europea separatamente dalla quantità di rifiuti preparata per essere riutilizzata, riciclata o usata per altre operazioni di recupero di materiale, risulta pari a circa 148 mila tonnellate, sostanzialmente stabile rispetto al 2017 (ISPRA, 2023). Il rilevante utilizzo nei rilevati e sottofondi stradali²⁴ (Fig. 7) è una evidenza del fatto che nonostante l'elevata percentuale di riciclato, una porzione consistente del flusso materico riguarda ancora azioni di downcycling.

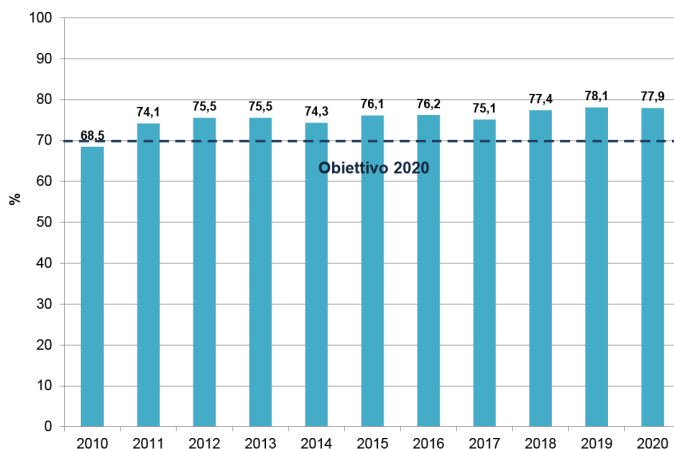


Fig. 6 - Andamento della percentuale di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e delle altre forme di recupero di materia, escluso il backfilling, dei rifiuti da costruzioni e demolizioni. Fonte: ISPRA 2023

24. Secondo il Regolamento End of Waste dei rifiuti inerti per la produzione di aggregati di recupero (decreto 27 settembre 2022, n. 152, del Ministero della Transizione Ecologica), l'aggregato recuperato è utilizzabile per: a) la realizzazione del corpo dei rilevati di opere in terra dell'ingegneria civile; b) la realizzazione di sottofondi stradali, ferroviari, aeroportuali e di piazzali civili ed industriali; c) la realizzazione di strati di fondazione delle infrastrutture di trasporto e di piazzali civili ed industriali; d) la realizzazione di recuperi ambientali, riempiimenti e colmate; e) la realizzazione di strati accessori aventi, a titolo esemplificativo, funzione anticapillare, antigelo, drenante; f) il confezionamento di calcestruzzi e miscele legate con leganti idraulici (quali, a titolo esemplificativo, misti cementati, miscele betonabili).

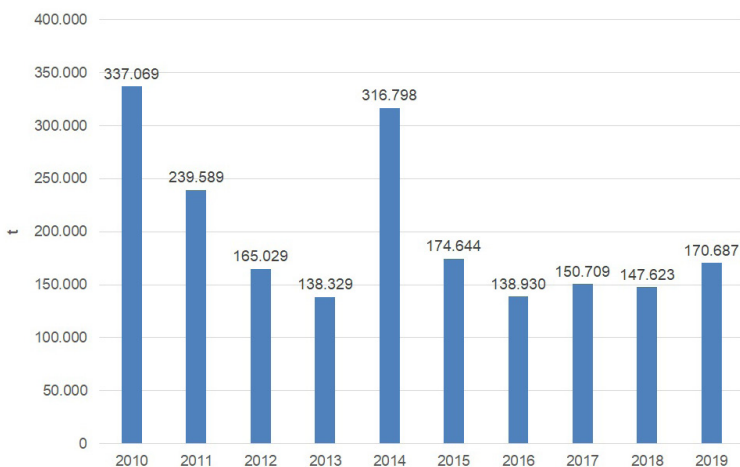


Fig. 7 - *Quantità di rifiuti da costruzioni e demolizioni recuperata in operazioni di colmatazione. Fonte: Annuario dei Dati Ambientali (isprambiente.it)*

Appare chiaro che per il settore delle costruzioni molte azioni e misure devono essere ancora intraprese per spingere il più possibile verso una transizione circolare basata sulle rivisitazione dell'intera catena di valore dei beni, in linea con i principi individuati dal Piano di Azione (Box 1) e tesa a massimizzare il riuso delle risorse nelle sue varie declinazioni.

Sicuramente una delle questioni cruciali, sulle quali agire, riguarda l'informazione: la crescita della conoscenza, non solo sui contenuti di materiali riciclati e/o riciclabili, ma anche sulla durata e sulle potenzialità di estensione dell'utilizzo dei prodotti edilizi, è una delle condizioni per superare le barriere legate all'incertezza sulle prestazioni nel ciclo di vita.

A livello europeo stiamo assistendo allo sviluppo di uno scenario in fieri fatto di molteplici strumenti che, in relazione a diverse strategie, paiono declinare in vari modi il tema dell'informazione e spingere verso pratiche di circolarità per il settore delle costruzioni; in particolare è possibile porre l'attenzione su:

- lo strumento dei Level(s) che, nel fornire un set di indicatori per misurare il carbonio, i materiali, l'acqua, la salute e il comfort e gli impatti dei cambiamenti climatici, intende creare un quadro di valutazione e rendicontazione utile alla creazione di un linguaggio comune attorno alle prestazioni in materia di sostenibilità degli edifici. All'interno di questo quadro, il tema della circolarità è affrontato proponen-

do indicatori relativi all’ottimizzazione dell’utilizzo di materiali (indicatore 2.1 “Bill of quantities, materials and lifespans”), alla riduzione dei rifiuti [indicatore 2.2 “Construction & Demolition waste (CDW) and materials”], all’introduzione dei principi di circolarità nella progettazione di soluzioni e nella scelta di materiali e prodotti (indicatori 2.3 “Design for adaptability and renovation” e 2.4 “Design for deconstruction, reuse and recycling”) e alla valutazione dei costi e del valore di materiali e prodotti sul ciclo di vita (indicatore 6.1 “Life cycle costs”). Il *framework* proposto definisce un set di indicatori di prestazione che comprende aspetti di circolarità, fissando criteri e metodologie di calcolo comuni che possono essere utilizzati nei sistemi di valutazione degli edifici (es. certificazioni green e sistemi di rating), negli strumenti di rendicontazione per gli investitori e in iniziative del settore pubblico. Sempre in materia di economia circolare, il framework Level(s) propone inoltre applicativi per condurre “valutazioni comparative”, utili a professionisti e titolari o gestori di portafogli immobiliari per confrontare le prestazioni ambientali e di circolarità degli edifici, a livello di portafoglio o nazionale, nelle diverse fasi del processo edilizio (dalla progettazione preliminare alla fase di conduzione e gestione). Questo strumento, con l’obiettivo di orientare il progetto verso obiettivi di circolarità e sostenibilità ambientale, mira ad accrescere il sistema di metriche di valutazione dell’edilizia sostenibile e ad integrare gli attuali strumenti di certificazione, estendendo le valutazioni ambientali e di circolarità all’intero “ciclo di vita” in linea con le metodologie LCA (Life Cycle Assessment) ed LCC (Life Cycle Costing) e con riferimento agli obiettivi dell’agenda UE sull’economia circolare e del Piano d’Azione per l’Economia Circolare;

- il Nuovo Bauhaus Europeo (NEB) [COM(2021) 573] che, nello stimolare iniziative e azioni di finanziamento dell’UE, considera il riuso, la rigenerazione, l’estensione della vita e la trasformazione degli edifici esistenti (e delle loro parti) strategie primarie verso il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità;
- la Tassonomia Europea (Regolamento UE 2020/852) che definisce un sistema di classificazione comune per le attività economiche sostenibili al fine di rafforzare la completezza, l’affidabilità e la comparabilità delle informazioni da fornire ai soggetti investitori, in linea con le disposizioni in materia di prodotti finanziari sostenibili e obbligazioni verdi previste dal Regolamento sull’Informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari (Sustainable Finance Disclosure Regulation, SFDR) e dalla proposta legislativa sugli standard “European Green Bonds”. Tali strumenti, da un lato, forniscono nuove regole di valu-

tazione dei prodotti finanziari a istituti di credito e soggetti investitori mirando a dirigere capitali pubblici e privati verso progetti sostenibili e, dall'altro lato, vincolano gli operatori del settore delle costruzioni a presentare i loro progetti come "taxonomy-compliant", in linea con gli obiettivi della tassonomia e i principi del DNSH (Do Not Significant Harm), sia nelle fasi di pianificazione e bando che nelle fasi di progettazione delle opere. In questo senso, la Tassonomia Europea può rappresentare un importante volano per orientare professionisti e imprese verso prodotti e pratiche circolari e sostenibili. In particolare, la tassonomia individua per il settore delle costruzioni sette attività economiche²⁵ e per ciascuna definisce un set di criteri di contributo funzionale all'obiettivo "Transizione verso un'economia circolare" relativi a: preparazione per il riutilizzo o il riciclo dei rifiuti non pericolosi da costruzione e demolizione (soglia minima 90%); valutazioni del potenziale di riscaldamento globale (GWP) del ciclo di vita dell'edificio; progettazione per l'adattabilità e la decostruzione; riduzione dell'utilizzo di materie prime primarie nella costruzione dell'edificio e incremento dell'utilizzo di materie prime secondarie; gestione digitale delle informazioni relative ai prodotti utilizzando sistemi di gestione delle informazioni interoperabili;

- la proposta di revisione [COM 144 (2022)] del regolamento sui prodotti da costruzione ("CPR") (UE) n. 305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione e la libera circolazione dei prodotti da costruzione nell'UE. La proposta ha l'obiettivo di stimolare azioni destinate a promuovere la circolarità dei prodotti da costruzione, superare gli ostacoli al mercato unico dei prodotti da costruzione e stabilire norme e protocolli per la dichiarazione delle prestazioni ambientali e di sostenibilità dei vari prodotti da costruzione. Un aspetto interessante che emerge dalla proposta è l'assunto che per stimolare la domanda di prodotti edilizi a basse emissioni di carbonio e rispondenti a criteri di circolarità, accanto a una progettazione orientata al prolungamento della vita/cicli di utilizzo dei beni, è di centrale importanza la disponibilità di informazioni circa la durabilità, le modalità di riparazione e accesso a pezzi di ricambio e la riparabilità dei prodotti.

Per quanto riguarda questo ultimo aspetto, quello del diritto alla ripa-

25. Acquisto e proprietà di immobili; Costruzione di nuovi edifici; Demolizione di edifici e altre strutture; Installazione, manutenzione e riparazione di apparecchiature per l'efficienza energetica; Installazione, manutenzione e riparazione di strumenti e dispositivi per la misurazione, la regolazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici; Ristrutturazione di edifici esistenti.

razione è un concetto di grande attualità nella direzione delle azioni tese a favorire i processi circolari (Box 1), emerso anche tra le richieste della recente Conferenza sul futuro dell'Europa²⁶. Il diritto alla riparazione è attualmente oggetto, da parte degli Stati membri, di lavori parlamentari per una legislazione finalizzata a ridurre gli sprechi e rafforzare l'operato dei riparatori. I negoziatori UE hanno raggiunto recentemente un accordo provvisorio su un disegno di legge che mira a ridurre gli sprechi e rafforzare il settore delle riparazioni rendendo le riparazioni dei prodotti più accessibili ed economiche. Benché oggi l'attenzione sia concentrata sull'obbligo per i produttori di riparare alcune categorie di prodotti di uso comune (come elettrodomestici e telefonia mobile), non è esclusa la possibilità di ampliare l'elenco dei prodotti nel tempo, includendo anche eventualmente prodotti edilizi. I temi alla discussione sono quelli già contenuti nella proposta presentata nel documento europeo COM 155 (2023) (Box 2) che, attraverso un insieme di strategie integrate, intende fornire ai consumatori e alle imprese nuovi strumenti per promuovere la riparazione, intesa come strategia di circolarità, al di fuori della garanzia legale.

Box 2 - Pacchetto di opzioni contenute nella proposta per la promozione della riparazione dei beni. Fonte: COM 155 (2023)

Opzioni strategiche per sostenere le azioni di riparazione dei beni:

- l'attribuzione di priorità alla riparazione ogniqualvolta risulti più economica della sostituzione nel quadro della garanzia legale;
- una piattaforma a livello nazionale, che abbinati i consumatori ai riparatori e promuova i beni ricondizionati;
- l'obbligo per i riparatori di elaborare su richiesta un preventivo con i prezzi e le condizioni per la riparazione usando un modulo standard (modulo europeo di informazioni sulla riparazione);
- l'obbligo per i produttori di beni cui si applicano le specifiche di riparabilità previste dal diritto dell'Unione di effettuare riparazioni al di fuori della garanzia legale a fronte di un prezzo;
- il dovere per i produttori di comunicare l'obbligo di riparazione applicabile;
- una norma volontaria per la riparazione facile a livello dell'UE sulla riparazione (norma europea per i servizi di riparazione).

26. Conferenza sul futuro dell'Europa. Relazione sul risultato finale, maggio 2022.

1.3 Le 4 R della circolarità

Il tema del diritto alla riparazione rende evidente che il concetto di circolarità non si può esaurire nell'ottenimento di materie prime seconde attraverso pratiche di riciclo. Queste infatti presuppongono processi il più delle volte complessi – fatti di attività di smantellamento, selezione e trattamento – e spesso energivori.

Accanto al pur indispensabile riciclo è necessario considerare anche strategie di circolarità, ambientalmente più virtuose, capaci di conservare i prodotti esistenti minimizzando le lavorazioni e mantenendo il più a lungo possibile le risorse incorporate e il valore economico (Migliore *et al.*, 2019).

Si tratta di estendere il ciclo di vita/utilizzo dei beni attraverso un insieme di possibili azioni tra loro integrabili, alle quali corrispondono attività, stakeholder di riferimento, modelli organizzativi e di business diversificati. La norma BS 8887-2:2009 fornisce in modo efficace una visione complessiva (Fig. 8) di queste possibili azioni, oltre al riciclo, e delle relative definizioni (Tab. 8), valide per tutti gli ambiti produttivi.

Quella schematizzata in figura 8 è una gerarchia di azioni (le 4 R) per l'estensione del ciclo di vita dei prodotti che vede nella sequenza:

- rimanifattura (rigenerazione);
- ricondizionamento;
- riuso;
- rifunzionalizzazione.

La gerarchia si definisce in relazione a una serie di criteri:

- funzione e scopo del prodotto trattato rispetto a quello originario (uguale o diverso);
- le prestazioni del prodotto trattato rispetto a quello originario (uguale, superiore o inferiore);
- la garanzia del prodotto trattato (può non esserci, può esserci ma essere più restrittiva rispetto al prodotto originario, può essere la medesima del prodotto originario).

Tali criteri caratterizzano un prodotto il quale, arrivato in prossimità del suo fine vita²⁷, viene trattato, anche in più cicli, allo scopo di prolunga-

27. Il fine vita (EoL End-of-Life) è il punto nel quale un prodotto o un componente smette di essere utilizzato (BS 8887-2:2009). Le cause del fine vita sono sempre riferibili a un mancato allineamento tra le prestazioni erogate dal sistema e i requisiti richiesti per l'utilizzo. Tale disallineamento può essere causato da fenomeni di obsolescenza funziona-

re la sua utilizzabilità a fronte di limitati impieghi di materiale, di energia e minima/nulla produzione di rifiuti.

Dopo ogni trattamento il prodotto torna nel ciclo d'uso, con la possibilità di essere offerto agli stessi utilizzatori del prodotto originario o ad altri. Condizioni specifiche (caratteristiche tecniche, prestazioni residue, campi di utilizzo, mercato di riferimento, valore del bene, filiere produttive e commerciali, propensioni dei consumatori, presenza di rimanifatturatori, ecc.) possono orientare la scelta per una tra le 4R per le varie tipologie di beni. Naturalmente, rispetto alla gerarchia descritta, l'azione di riuso, laddove applicabile, appare essere la più "virtuosa" poiché esclude la presenza sia di lavorazioni (solo eventuali pulizie e verifiche di stato e di funzionamento) sia di procedure di "ricaratterizzazione". A integrazione delle 4R è importante considerare il ruolo della manutenzione programmata (Talamo, 2010), che risulta funzionale a prolungare la vita utile di un bene, mantenendo le prestazioni ad un livello prestabilito e prevenendo degradi e guasti che potrebbero accorciare la durata prevista di utilizzo.

Qualunque sia la scelta rispetto alle 4R, è importante sottolineare che condizione di fattibilità è la presenza di un sistema costituito dall'insieme dei soggetti coinvolti nella progettazione, produzione, consumo e rimanifattura dei beni e da modelli organizzativi e di business (Talamo *et al.*, 2022) capaci di regolarne i rapporti. In questo senso è interessante la visione sistemica del modello Resource Conservative Manufacturing²⁸ (ResCoM) (Bakker *et al.*, 2017), che riguarda la conservazione delle risorse attraverso molteplici cicli di vita dei prodotti progettati in relazione a specifici modelli di relazioni tra i soggetti della produzione, della manutenzione, della rimanifattura, della commercializzazione e dell'uso: *“Un modello strategico che persegue la conservazione delle risorse attraverso molteplici cicli di vita del prodotto, attraverso la progettazione del prodotto, incorporando la catena di fornitura e il modello di business e integrando il produttore originario, consumatori e altri soggetti*

le, tecnologica, normativa (le prestazioni del prodotto non sono cambiate nel tempo, ma sono mutate le esigenze degli utilizzatori) o da processi di degrado e/o guasti (le esigenze degli utilizzatori non sono mutate, ma le prestazioni del prodotto sono diminuite per usura e/o invecchiamento) (Molinari, 2002).

28. Una interessante applicazione dei principi sistemici del modello è stata sviluppata nella ricerca Resource Conservative Manufacturing-transforming waste into high value resource through closed-loop product systems. La ricerca sviluppa e applica su casi una metodologia e un set di strumenti di progettazione per aziende interessate allo sviluppo di prodotti a ciclo di vita multiplo. (FP7-ENVIRONMENT – Specific Programme “Cooperation”: Environment (including Climate Change, Grant agreement ID: 603843).

interessati. (...) ResCoM propone di progettare i prodotti in un modo da poter sostenere un predefinito numero di cicli di vita. Alla fine di ogni ciclo di vita, i prodotti vengono restituiti al produttore di apparecchiature originali o a terzi autorizzati; (...) Prodotti rigenerati vengono poi ridistribuiti attraverso la catena di fornitura a circuito chiuso ResCoM utilizzando il modello di business ResCoM” (Rashid et al., 2013).

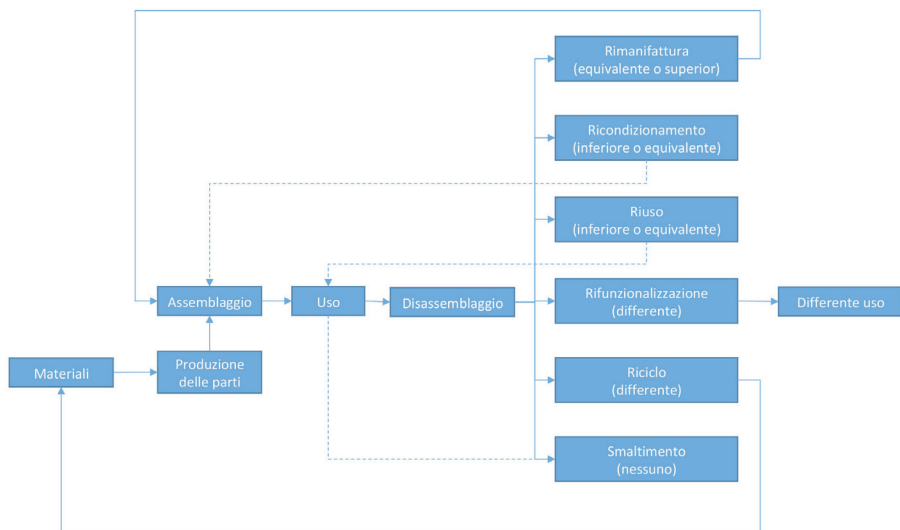


Fig. 8 - Le azioni di circolarità. Fonte: BS 88872:2009, rielaborazione dell'autore

Tab. 8 - Le azioni per l'estensione del ciclo di vita di materiali e prodotti secondo la norma BS 88872:2009. Rielaborazione dell'autore

Rimanifattura (o rigenerazione)	<p>Riportare un prodotto usato almeno alle sue prestazioni originali con una garanzia equivalente o migliore rispetto a quella del prodotto originario.</p> <p>NOTA 1 Dal punto di vista del cliente, il prodotto rigenerato può essere considerato lo stesso del nuovo prodotto.</p> <p>NOTA 2 Per quanto riguarda la rimanifattura:</p> <ul style="list-style-type: none"> – le attività comprendono lo smontaggio del prodotto, il ripristino e la sostituzione dei componenti e il collaudo delle singole parti e del prodotto intero per garantire che sia corrispondente alle specifiche di prestazione originarie; – le prestazioni dopo la rigenerazione dovrebbero essere almeno pari a quelle originarie; e – qualsiasi garanzia successiva è in genere almeno uguale a quella del prodotto nuovo.
Ricondizionamento	<p>Riportare un prodotto usato ad una condizione di lavoro soddisfacente ricostruendo o riparando i componenti principali che sono vicini al guasto, anche dove non vi sono difetti segnalati o apparenti in tali componenti.</p> <p>NOTA Per quanto riguarda il ricondizionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'attività manifatturiera comporta la sostituzione di parti usurate o rotte, generalmente meno estese di quanto richiesto per rimanifatturare, ma più di quanto necessario per riparare; – dopo il ricondizionamento la prestazione complessiva del sistema è probabile che sia inferiore a quella del modello originale; e – la garanzia successiva è generalmente inferiore a quella del prodotto nuovo o rimanifatturato, ma la garanzia è probabile copra l'intero prodotto (a differenza della riparazione); prodotti ricondizionati non richiedono una garanzia equivalente a quella di un equivalente prodotto di nuova fabbricazione.
Riuso	Operazione di reimpiego a fine vita di un prodotto o dei suoi componenti per lo stesso scopo originario.
Rifunzionalizzazione	<p>Utilizzare un prodotto o i suoi componenti per una funzione differente da quella per la quale era stato originariamente progettato.</p> <p>NOTA 1 La rifunzionalizzazione riguarda specificamente prodotti e sistemi e non materiali, che rientrano nel riciclo.</p> <p>NOTA 2 La trasformazione del prodotto può essere richiesta per adempiere alle nuove funzioni.</p>
Riciclo	Trattare materiali di scarto per lo scopo originale o per altri scopi, escluso il recupero di energia.

1.4 Circoli viziosi vs. circoli virtuosi

In sintesi, anche per il settore delle costruzioni molti riferimenti ed acquisizioni paiono tracciare chiare linee orientative per la diffusione di pratiche basate sull'applicazione delle diverse azioni di circolarità tese ad allungare il ciclo di vita e di utilizzo delle risorse incorporate nei manufatti in relazione a diversi livelli di scala:

- micro level (progettazione del prodotto, strategie di fine vita, riciclaggio di materiali, ecc.);
- meso level (schemi organizzativi, business model, creazione di network, circular supply chain, ecc.);
- macro level (gestione urbana dei rifiuti, politiche di gestione delle risorse, politiche di circolarità delle città, ecc.).

Tuttavia, rispetto ad altri settori industriali, nei quali la rimanifattura nelle sue varie declinazioni è ormai una pratica diffusa e consolidata per mercato e per modelli organizzativi (Atta *et al.*, 2020), per il settore delle costruzioni molteplici fattori ancora rappresentano barriere che è necessario indagare approfonditamente al fine di un loro superamento (Hobbs *et al.*, 2017; Mahpour, 2018; Bilal *et al.*, 2020; Giorgi *et al.*, 2022).

Alcuni di questi fattori, capaci di creare circoli viziosi di incertezza, sono legati alla natura stessa degli edifici e dei loro processi realizzativi:

- la specificità dei contesti di applicazione dei prodotti edilizi, la varietà dei modi d'uso e la durata di vita differenziata delle varie componenti²⁹ possono portare ad una estrema variabilità nelle prestazioni residue degli elementi e nel loro corredo informativo e comportare quindi elevata incertezza nell'organizzazione dei processi di riuso e rimanifattura;
- la coesistenza di prodotti assemblati a secco (disassemblabili) e di lavorazioni a umido (per le quali sono necessarie demolizioni), insieme alla varietà di sistemi edilizi e impiantistici interconnessi, possono comportare attività di decostruzione lunghe e rischiose e dunque problematiche dal punto di vista economico e logistico specie se in assenza a monte di una progettazione orientata al disasseblaggio (“design for disassembling”) e a valle di una adeguata preparazione³⁰ (“predemolition audit”);

29. Swiss Life Group What is the Lifespan of a House? Available online: www.swisslife.com/en/home/hub/what-is-the-lifespan-of-a-house.html (accessed on 20 April 2021).

30. UNI/PdR 75:2020 “Decostruzione selettiva – Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un’ottica di economia circolare”.

- la presenza di elementi di peso e volume elevato, e anche in quota, possono rendere difficoltosa e pericolosa la movimentazione in fase di dismissione e sconveniente sia economicamente (in assenza di economie di scala) sia ambientalmente il trasporto se su lunghe distanze.

Altri fattori di natura “culturale” riguardano in vario modo i tanti attori del processo edilizio:

- i committenti, nel rapporto con progettisti e fornitori, tardano a esprimere (attraverso documenti preliminari alla progettazione, capitolati, condizioni contrattuali di acquisto, ecc.) richieste connotate dal tema della circolarità basata sul riuso e sulla rimanifattura. Tale ritardo riguarda soluzioni e prodotti sia progettati per la seconda vita sia provenienti da cicli di riuso. In parte questo è dovuto all’incertezza rispetto alla effettiva capacità di risposta di progettisti e fornitori, in parte ad una non ancora matura capacità di prevedere costi ed esiti di progetti “circolari”, in parte alla mancanza di indicatori di circolarità (KPI) univocamente riconosciuti³¹ e facilmente applicabili per la valutazione delle proposte progettuali;
- i progettisti non sono ancora adeguatamente formati sui temi della circolarità e in assenza di obblighi (normativi o contrattuali) non è facile vincere le resistenze ai cambiamenti connessi con gli approcci del design for disassembly. Progettare per la circolarità nel ciclo di vita ridefinisce la scala temporale di riferimento e crea per il progettista condizioni di incertezza che possono portare ad un aggravio di tempi e costi di progettazione. Tali aggravii possono dipendere dalla necessità di ridefinire alcuni contenuti del progetto fin dalle fasi istruttorie e acquisire set informativi non sempre facilmente disponibili. A questi aspetti di aggiunge la necessità di creare e gestire nuove relazioni di filiera, sia con i tradizionali operatori (i produttori di prodotti e sistemi edilizi, le imprese di costruzione), sia con nuovi soggetti (per esempio imprese di demolizione selettiva, consorzi di riciclo, rimanifatturatori, ecc.);
- in assenza di incentivi, di specifiche richieste di fornitura o di fattori premianti, i produttori possono ravvisare nella ricircolazione dei loro prodotti un rischio di riduzione del loro mercato;
- i consumatori, se non adeguatamente informati e sensibilizzati, non sempre dimostrano di apprezzare prodotti edilizi provenienti da progressi cicli d’uso.

31. In realtà esistono molti riferimenti che contengono indicatori sia qualitativi che quantitativi utili alla valutazione della circolarità (tabella 5), ma ancora non emerge tra gli operatori una pratica condivisa e consolidata.

Accanto a questi fattori esistono poi questioni che potremmo definire di mercato. Permangono elementi di incertezza che in parte ostacolano l'incontro di domanda e offerta di beni riusati/rimanifatturati e l'ingresso di nuovi soggetti come i rimanifatturatori:

- nonostante una crescente produzione di studi in materia³², in assenza di riferimenti consolidati e condivisi, è ancora arduo valutare il ritorno degli investimenti necessari per allungare il ciclo di vita dei beni (Sanchez *et al.*, 2018);
- la localizzazione e la quantità dei prodotti edilizi, potenzialmente trattabili secondo le 4R, possono rendere difficoltoso raggiungere lotti di beni quantitativamente significativi. Può essere quindi difficile raggiungere quelle condizioni di economia di scala che concorrono a rendere i prodotti di secondo uso economicamente competitivi rispetto ai nuovi, specie qualora debbano essere avviate su piccole serie anche attività di prova per la certificazione;
- il valore di mercato dei prodotti incide significativamente sulla propensione degli operatori ad avviare processi di riuso/rimanifattura, che maggiormente si orientano su quei prodotti che hanno un elevato prezzo di acquisto e/o elevati costi di smaltimento;
- l'incertezza circa una domanda chiaramente identificata e quantitativamente significativa è un elemento di freno per i soggetti che dovrebbero far parte della filiera di recupero e rimanifattura e che temono, a fronte del rischio di invenduto, di investire per l'avvio e la gestione di attività, spesso “labor intensive”, di demolizione selettiva, disassemblaggio, trasporto, stoccaggio e trattamento;
- il carattere artigianale delle lavorazioni su piccole serie, tipico delle azioni di rimanifattura e ricondizionamento, rischia di rendere i prodotti edilizi di secondo uso economicamente poco competitivi rispetto a quelli di nuova produzione.

A fronte delle molte barriere descritte, sicuramente i provvedimenti *top down* di tipo normativo, sia in termini di prescrizioni che di incentivi, possono costituire la leva più efficace per l'innescio di processi circolari già potenzialmente fattibili sul piano tecnico. Tuttavia in attesa del legislatore, la coesistenza di un insieme di condizioni (Fig. 9) può contribuire a diminuire il livello di incertezza connesso con le pratiche circolari, a creare nuove relazioni e competenze e a superare quindi alcune delle barriere descritte.

32. Si veda la tabella A1 in Rahla *et al.* (2021).

È possibile individuare alcuni elementi che, specie se agenti in modo integrato e sinergico, possono rappresentare leve e creare circoli virtuosi per l'innescio di processi circolari:

- modelli organizzativi adeguati al settore delle costruzioni, nei quali siano chiaramente individuati i ruoli degli stakeholder e il valore aggiunto della circolarità³³. L'esperienza dei settori industriali (cfr. cap. 4) dà evidenza di molteplici modelli di relazione tra operatori coinvolti in processi circolari. In una ipotesi di trasferimento alcuni modelli appaiono più adeguati rispetto ad altri e promettenti per sperimentazioni sul campo (per un approfondimento di rimanda ai capitoli 5, 6, 7 di questo libro);
- pratiche di progettazione capaci di considerare la circolarità in modo sistemico a partire dalla concezione dei beni edilizi (edifici e prodotti edilizi) fino alla loro esecuzione e gestione e in grado di assumere e declinare nuovi set di requisiti (durabilità, longevità, manutenibilità, riusabilità, riparabilità, adattabilità, flessibilità, ecc.);
- approcci basati su pratiche di sharing nella prospettiva del superamento della proprietà dei prodotti e del ricorso al concetto di prodotto-servizio (cfr. cap. 4);
- sistemi di indicatori, come per esempio lo strumento dei Level(s)³⁴, di facile e certa compilazione, utili alla valutazione della circolarità e alla comparazione delle alternative, capaci di connettersi con i vari metodi di valutazione della sostenibilità e di certificazione;
- definizione dei set informativi minimi da acquisire in sede di progetto e da mantenere aggiornati durante la vita dei manufatti al fine di agevolare le attività di manutenzione, riuso, rimanifattura. In questo senso la proposta europea di regolamento [COM(2022) 142] per la progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili delinea chiaramente il concetto di passaporto del prodotto, funzionale alla tracciabilità dei prodotti nella catena del valore (cfr. cap. 7);
- coinvolgimento, accanto ai tradizionali operatori, di nuove figure di supporto (demolitori/smontatori, rimanifatturatori, logisti ecc.);

33. Una interessante ricerca, svolta congiuntamente da ARUP ed Ellen MacArthur Foundation, propone cinque business model per la circolarità dei patrimoni immobiliari: spazi flessibili, beni edilizi adattabili, edifici rilocabili, valore residuo, fornitura di prestazioni. Per ciascun modello sono definiti scenari di fattibilità e modelli di cash flow per investitori su diverse scale temporali (Arup, Ellen MacArthur Foundation, 2020).

34. European Commission, Directorate-General for Environment, The Level(s) Calculation and Assessment Tool (CAT), Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/109620>.

- focalizzazione sul ruolo e le competenze del rimanifatturatore. Si tratta di un ruolo che può essere ricoperto sia dai tradizionali manifatturatori, qualora coinvolti nelle attività di rimanifattura dei loro prodotti, una volta restituiti a fine vita, sia da nuovi soggetti autonomi, coinvolti nella filiera della seconda vita dei prodotti. A riguardo un interessante terreno di sperimentazione può essere costituito da organizzazioni del terzo settore, qualora in grado di attivare reti di artigiani. Questi ultimi, presenti in modo capillare sui territori, possono essere coinvolti in lavorazioni specifiche e su piccole serie (con diverse competenze di filiera dal disassemblaggio, al trasporto alla rilavorazione), e risultare potenziati nelle loro competenze grazie alla dimensione di sistema;
- sviluppare piattaforme (già in parte presenti a livello nazionale e internazionale) di comunicazione e scambio tra domanda e offerta (Luciano *et al.*, 2021), dove queste due categorie possono assumere diverse declinazioni: offerta di materiali e prodotti da cedere, domanda di prodotti da ricondizionare, offerta di prodotti ricondizionati, offerta di competenze lungo la filiera della rimanifattura.



Fig. 9 - Molteplicità delle condizioni per lo sviluppo di pratiche circolari

Le riflessioni finora condotte si focalizzano essenzialmente alla scala del prodotto edilizio, ma il tema della circolarità può essere riferito anche ai beni edilizi pubblici e/o privati intesi come spazi condivisi dalla collettività in modo temporaneo per scopi diversi e connessi in reti all'interno di cicli chiusi di utilizzo.

Questa dimensione di scala implica indagare gli aspetti localizzati, spaziali, tecnici, organizzativi e contrattuali di tali beni in prospettiva progettuale e gestionale a partire da vari riferimenti, come per esempio, le esperienze inglesi dei *meanwhile spaces*³⁵ (Coffield *et al.*, 2019; Smith, 2022) e le sperimentazioni olandesi sui componenti di facciata *as a service* (Hartwell *et al.*, 2021).

In questo senso il tema dei “beni circolari” può essere affrontato in modo multiscale analizzando il rapporto con il contesto urbano, le caratteristiche degli spazi flessibili, la configurazione di sistemi edilizi progettati per il remanufacturing e il riuso. Tale analisi richiede sicuramente un approccio pluridisciplinare e può svilupparsi attraverso tre linee di indagine tra loro integrabili:

- *circular design*: nell’approfondimento a diverse scale interconnesse (città, quartiere, edificio, sistemi tecnologici) del design for adaptability, design for reuse, design for disassembly, modular design;
- *circular use*: nell’approfondimento del passaggio dalla proprietà all’uso condiviso dei beni indagando i diversi modelli di organizzazione (*pay for use, performance procurement, product-service systems*), il valore sociale e il coinvolgimento delle comunità locali, le possibili forme contrattuali e organizzative di fornitura dei servizi a supporto;
- *circular recovery*: nell’approfondimento delle diverse azioni tese all’allungamento dei cicli di vita/utilizzo e alla valorizzazione del valore residuo di manufatti e materiali esistenti indagando diverse forme di adaptive reuse dei beni edilizi esistenti e vari modelli di supply chain (operatori e relazioni di filiera).

Bibliografia

- Andrew R.M. (2018), Global CO2 Emissions from Cement Production. *Earth System Science Data*, 10(1), 195-217.
- Arup (2016), *The Circular Economy in the Built Environment*.
- Arup, Ellen MacArthur Foundation (2020), *From principles to practices: realising the value of circular economy in the Real Estate*.
- Atta N. (2023), *Green Approaches in Building Design and Management Practices: Windows of Opportunity Towards Circularity*. Springer Nature.
- Atta N., Dalla Valle A., Macrì L., Ratti S., Viscuso S., Arena M., ... & Talamo C. (2020), *Re-Manufacturing Best Practices and Transferable Criteria*

35. www.meanwhile.org.uk.

- for the Construction Sector. In World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, Vol. 7, pp. 1112-1121.
- Bakker C., van Dam S., de Pauw I., van der Grinten B., Asif F., Bakker C., ... & Asif F. (2017), *ResCoM Design Methodology for Multiple Lifecycle Products*.
- Bilal M., Khan K.I.A., Thaheem M.J., & Nasir A. R. (2020), Current state and barriers to the circular economy in the building sector: Towards a mitigation framework, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 276, p. 123250.
- BS 8887-2:2009 Design for manufacture, assembly, disassembly and end-of-life processing (MADE).
- Coffield E., Markham K., Richter P., Huggan R., Butler D., Wainwright E., & Prescott R. (2019), *More Than Meanwhile Spaces*.
- COM(2014) 398 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti.
- COM(2019) 640 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Il Green Deal europeo.
- COM(2020) 98 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva.
- COM(2021) 573, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Nuovo Bauhaus europeo. Bello, sostenibile, insieme.
- COM(2022) 140 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI, Prodotti sostenibili: dall'eccezione alla regola.
- COM(2022) 141 final, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles.
- COM(2022) 142 final, Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che stabilisce il quadro per l'elaborazione delle specifiche di progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e abroga la direttiva 2009/125/CE.
- COM(2022) 143 final, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directives 2005/29/EC and 2011/83/EU as regards empowering consumers for the green transition through better protection against unfair practices and better information.

- COM(2022) 144 final, Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, modifica il regolamento (UE) 2019/1020 e abroga il regolamento (UE) n. 305/2011.
- COM(2022) 156, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL Amending Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) and Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.
- COM(2022) 677 final, Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio, che modifica il regolamento (UE) 2019/1020 e la direttiva (UE) 2019/904 e che abroga la direttiva 94/62/CE.
- COM(2023) 155 final, Proposta di DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO recante norme comuni che promuovono la riparazione dei beni e che modifica il regolamento (UE) 2017/2394 e le direttive (UE) 2019/771 e (UE) 2020/1828.
- COM(2023) 166 final, Proposta di DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sull'attestazione e sulla comunicazione delle asserzioni ambientali esplicite (direttiva sulle asserzioni ambientali).
- COM(2023) 306 final, COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI su un quadro di monitoraggio riveduto per l'economia circolare.
- Econometrics, Cambridge, (2018), *Impacts of circular economy policies on the labour market: final report and annexes*.
- Elia V., Gnoni M.G., & Tornese F. (2017), Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of cleaner production*, 142, 2741-2751.
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Growth within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe*.
- Ellen MacArthur Foundation, (2019), *Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change*, Report.
- Ellen McArthur Foundation (2014), *Towards the Circular Economy. Accelerating the scale-up across global supply chain*.
- Eurostat (2020), *Environment and Energy, Transport, Collection: Statistical Books*.
- Giorgi S., Lavagna M., Wang K., Osmani M., Liu G., & Campioli A. (2022), "Drivers and barriers towards circular economy in the building sector: Stakeholder interviews and analysis of five European countries policies and practices", *Journal of Cleaner Production*, Volume 336.
- Hamida M.B., Remøy H., Gruis V., & Jylhä T. (2023), Circular building adaptability in adaptive reuse: multiple case studies in the Netherlands. *Journal of Engineering, Design and Technology*, (ahead-of-print).
- Hartwell R., Macmillan S., & Overend M. (2021). Circular economy of façades: real-world challenges and opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105827.

- Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N., IRP (2020), *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*.
- Hobbs G., & Adams K. (2017), *Reuse of building products and materials—barriers and opportunities*.
- International Energy Agency (2017), *Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations*, International Energy Agency, Paris.
- IPCC (2022), *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change*.
- ISPRA (2023), *Ambiente in Italia: uno sguardo d'insieme. Annuario dei dati ambientali 2022*.
- Luciano A., Cutaia, L., Cioffi, F., & Sinibaldi, C. (2021), Demolition and construction recycling unified management: the DECORUM platform for improvement of resource efficiency in the construction sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 24558-24569.
- Lyle J.T. (1996), *Regenerative design for sustainable development*, John Wiley & Sons.
- Mahpour A. (2018). Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management, *Resources, conservation and recycling*, 134, 216-227.
- Materials Economic, *The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation*, report.
- McDonough W., & Braungart M. (2010), *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press.
- Migliore M., Talamo C., Paganin G. (2019), *Strategies for Circular Economy and Cross-sectoral Exchanges for Sustainable Building Products*, Springer.
- MiTE (2022), *STRATEGIA NAZIONALE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE*.
- Molinari C. (2002), *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia*. Vol. 1, Sistemi Editoriali.
- Moraga G., Huysveld S., Mathieux F., Blengini G.A., Alaerts L., Van Acker K., ..., & Dewulf J. (2019), Circular economy indicators: What do they measure?. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452-461.
- Murray A., Skene K., & Haynes K. (2017), The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140, 369-380.
- OECD (2019), *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*'.
- Rahla K.M., Mateus R., & Bragança L. (2021), Selection criteria for building materials and components in line with the circular economy principles in the built environment – A review of current trends. *Infrastructures*, 6(4), 49.
- Rashid A., Asif F.M., Krajnik P., & Nicolescu C.M. (2013), Resource conservative manufacturing: An essential change in business and technology paradigm for sustainable manufacturing, *Journal of Cleaner production*, 57, 166-177.
- REGOLAMENTO (UE) 2020/852 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL DEL CONSIGLIO del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088.

- Rossi B., Marique A.-F., & Reiter S. (2012), *Life-cycle assessment of residential buildings in three different European locations, case study. Building and Environment*.
- Salvatori G., Holstein F., Böhme K. (2019), *Circular economy strategies and roadmaps in Europe: Identifying synergies and the potential for cooperation and alliance building – Study, European Economic and Social Committee*.
- Sanchez B., Haas C. (2018), Capital project planning for a circular economy, *Construction Management and Economics*, 36:6, 303-312.
- Smith C. (2022), Meanwhile use as generosity? In *Generosity and Architecture* (pp. 200-214), Routledge.
- Stahel W. (1994), *The utilization-focused service economy: Resource efficiency and product-life extension. The greening of industrial ecosystems*, 178-190.
- Stahel W. (2016), *Durability, function and performance. In Longer Lasting Products* (pp. 157-177), Routledge.
- Talamo C. (a cura di) (2010), *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia. Il piano di manutenzione*, vol. II, Esselibri-Simone, Napoli.
- Talamo C., Lavagna M., Monticelli C., Zanelli A., Campioli A. (2021), “Remanufacturing: strategie per valorizzare l’estensione della vita dei prodotti edilizi a breve ciclo d’uso/Remanufacturing: strategies to enhance the life extension of short-cycle building products”, *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 71-79.
- Talamo C. (a cura di) (2022), *Re-manufacturing networks for tertiary architectures. Innovative organizational models towards circularity*, FrancoAngeli, Milano.
- Talamo C., Lavagna M., Monticelli C., Atta N., Giorgi S., & Viscuso S. (2020), *Re-NetTA. Re-manufacturing networks for tertiary architectures. In Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective*, 303-314, Springer.
- United Nations Environment Programme (2022), *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*, Nairobi.
- Wiedenhofer D., Steinberger J.K., Eisenmenger N., & Haas W. (2015), Maintenance and Expansion: Modeling Material Stocks and Flows for Residential Buildings and Transportation Networks in the EU25, *Journal of Industrial Ecology*, 19(4). 538–51. DOI:10.1111/jiec.12216).
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017), The history and current applications of the circular economy concept, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.

2. Economia circolare ed edilizia per il terziario

di *Andrea Campioli, Monica Lavagna**

2.1 Obsolescenza precoce, uso temporaneo e circolarità delle risorse: dai prodotti agli edifici per il terziario

L'economia circolare nasce con l'obiettivo di ridurre i consumi di risorse naturali e la generazione di rifiuti, tramite un uso circolare delle risorse (in particolare materiche), riducendo gli impatti ambientali associati. Nell'attuale "dominio della tecnica", estrema conseguenza dell'«ordine *antropocentrico*, la natura è risolta in puro materiale da utilizzare [...] *dato di fatto* che il successo tecnico-scientifico porta a legittimare» (Galimberti, 2014). Il corrente modello lineare di produzione e consumo infatti implica un intenso uso di materie prime vergini e scenari di fine vita prevalentemente associati allo smaltimento in discarica dei rifiuti. A questo si unisce un modello consumistico, basato sull'usa e getta, che accorcia i cicli di vita dei prodotti e accelera i consumi di risorse e la generazione di rifiuti, con conseguenze ambientali negative.

Il modello di consumo lineare (*take-make-consume-dispose*) fatica a essere scardinato, poiché l'attuale sistema economico si basa sulla continuità dei consumi per garantire la continuità della produzione industriale e la crescita economica (misurata dal PIL). Questo ha innescato meccanismi perversi, come l'usa e getta consumistico e l'obsolescenza programmata dei prodotti, favorendo l'interesse dei produttori a ridurre la vita utile dei prodotti per garantirsi la continuità di domanda sul mercato. È stato infatti messo in evidenza come l'attuale modello economico e industriale si basi sulla necessità di mantenere i quantitativi e i ritmi di produzione (o addirittura aumentarli), attraverso la coltivazione di bisogni umani artificiali,

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

alimentati dalla pubblicità e dalla propaganda commerciale, e tramite meccanismi di obsolescenza programmata (Galbraith, 1958). La società contemporanea si caratterizza per una continua accelerazione delle trasformazioni e per un incessante proliferare di innovazioni tecnologiche, spesso trainate non dalla domanda degli utenti finali o dal bisogno di miglioramento della società, ma dalla necessità di sopravvivenza delle imprese e del mercato. «L'innovazione tecnologica non è un fatto meramente scientifico-tecnico, ma un processo sociale di natura dinamica» e «un'attività deliberata delle imprese e delle istituzioni» (Sirilli, 2008). «La tecnologia è la risposta, ma quale era la domanda?», si chiedeva negli anni Sessanta l'architetto inglese Cedric Price.

Il consumismo nasce negli anni Venti, quando i produttori e i venditori, per assicurarsi un flusso permanente e crescente di consumatori, concepiscono il modello dei prodotti "usa e getta", introducendo nella quotidianità prodotti di durata brevissima. In seguito, il concetto di durata e obsolescenza "programmata" o "pianificata" viene introdotto in economia industriale come strategia commerciale volta ad accorciare artificialmente il ciclo di vita utile di un prodotto in modo da limitarne la durata a un periodo prefissato e mantenere alta la domanda di mercato (acquisti).

Secondo il principio della durata programmata, i prodotti vengono appositamente progettati e realizzati con una "vita a termine", tramite l'uso deliberato di materiali di qualità inferiore e deteriorabili, di componenti di breve durata che creano una rottura, di elementi di fallibilità o con qualche difettosità, abbreviando la durata del prodotto. A questo si affianca l'indisponibilità di pezzi di ricambio (volutamente non forniti dalle aziende) e di centri di assistenza/manutenzione (che un tempo era un "servizio" offerto dalle aziende stesse), per cui l'utente deve comprare un nuovo prodotto perché la riparazione e i pezzi di ricambio costano più del prodotto nuovo. In alcuni casi i prodotti vengono proprio progettati per rendere impossibile la manutenzione e sostituzione dei pezzi.

Oltre alla durata programmata, l'obsolescenza programmata agisce sul rendere obsoleto il prodotto agli occhi dell'utente, per esempio con l'immissione sul mercato di un modello nuovo, a livello sia estetico (moda) sia tecnico (nuove funzionalità), inducendo quindi l'utente a comprare un nuovo prodotto anche se il vecchio è ancora funzionante. «La società dei consumi svaluta la durevolezza: ai suoi occhi "vecchio" significa "sorpasato", non più utilizzabile e destinato alla spazzatura» (Bauman, 2008). In questo modo viene accorciata la durata dei prodotti, spingendo gli utenti consumatori alla sostituzione compulsiva dei prodotti, prima del necessario.

Serge Latouche (2015) distingue i due concetti: l'"obsolescenza pianificata", cioè l'introduzione voluta di un difetto nei prodotti, diversa dal-

l'“obsolescenza simbolica”, ovvero il declassamento prematuro di un oggetto da parte della pubblicità e della moda, indotto dalla pubblicità. Egli ritiene l'usa e getta un fenomeno consustanziale alla nostra società, correlato alla crescita illimitata e all'industrializzazione.

Oggi stiamo pagando il conto di questa tendenza, che ha portato a un insostenibile e accelerato consumo di risorse e generazione di rifiuti. Il nuovo modello di economia circolare cerca di porre rimedio, anche se per lo più viene applicato come soluzione dei problemi a valle (gestione dei rifiuti) mentre ancora rare sono le iniziative di prevenzione a monte, volte a un uso efficiente delle risorse. Agire su una riduzione dei consumi a monte è più efficace, poiché determina anche una riduzione dei rifiuti a valle. Il rischio invece è che l'economia circolare mantenga costante gli attuali livelli di produzione e consumo, semplicemente risolvendo il problema di smaltimento dei rifiuti a valle e di reperimento delle risorse a monte (grazie alla circolarità), ma senza una effettiva riduzione e rallentamento dei consumi (e quindi senza risolvere i correlati problemi di impatto ambientale legati al consumo di energia per il riciclo e la rilavorazione dei prodotti e dei materiali). L'economia circolare intesa come gestione dei rifiuti a fine vita e attività di riciclo dei materiali è un modello solo parzialmente sostenibile, poiché può essere ancora in linea con una logica consumistica legata all'usa e getta. Del resto non è un caso che il concetto di “economia circolare” sia stato “introdotto” dalla Ellen MacArthur Foundation, una fondazione legata al mondo finanziario, con il report “Towards the circular economy” del 2013, commissionato alla McKinsey & Company, una società di consulenza strategica di aziende. Il report aveva lo scopo di evidenziare alle aziende il progressivo aumento del consumo di materie prime, il progressivo aumento dei costi di estrazione di tali risorse e la volatilità di mercato (variabilità dei prezzi), con conseguente scarsità e livelli di prezzo inaccessibili per la base manifatturiera della nostra economia nel prossimo futuro; la soluzione delineata risiede nel vedere i rifiuti come potenziale nuovo bacino di risorse e fonte alternativa finora sottoutilizzata.

L'approccio circolare, nelle formulazioni pionieristiche di Walter R. Stahel (2010), è però anche associato all'attivazione di strategie volte all'estensione della vita utile dei prodotti, principio che porterebbe a un minore consumo di risorse, derivante dalla riduzione della produzione di nuovi prodotti a favore invece del riuso e della durata, consentendo anche la riduzione dei rifiuti generati a fine vita.

La promozione di azioni legate all'estensione della vita utile e della durata consente di scardinare il consumismo, non accettabile anche se associato a forme di circolarità come “usa e ricicla” al posto di “usa e getta”. Da qui l'interesse per le formule alternative di fornitura del prodotto (pro-

poste all'interno di questo libro), come i *Sustainable Product-Service Systems* (S.PSS), dove le aziende rimangono proprietarie di un prodotto e hanno, quindi, beneficio a progettare beni per cicli di vita più lunghi considerando la possibilità di rigenerare il prodotto o le sue parti dopo ogni fase di utilizzo, con meno rilavorazioni possibili.

Occorre dunque cercare di trovare nuovi modelli economici, che dimostrino la possibilità di creare valore (e posti di lavoro) indipendentemente dal consumo di risorse fisiche. La costruzione di nuovi modelli organizzativi e di business basati sulla circolarità (Bocken *et al.*, 2016), che modificano i rapporti di proprietà, le modalità delle transazioni, ed estendono la responsabilità del produttore all'intero ciclo di vita, creando un rapporto duraturo con il cliente, possono dimostrare agli operatori i vantaggi economici della circolarità e aprire nuove opportunità di mercato, riducendo al contempo il consumo di materie prime e la generazione di rifiuti, grazie al riuso e all'*upgrading* degli stessi prodotti.

Il tema dell'obsolescenza assume nel settore edilizio connotati del tutto particolari rispetto ad altri settori, poiché si caratterizza per la realizzazione di "prodotti" (gli edifici) che hanno cicli di vita lunghi e sono destinati a durare nel tempo. L'applicazione delle logiche dell'economia circolare al settore edilizio richiede pertanto il confronto con le specificità del settore. In edilizia la ciclicità delle risorse ha tempi lunghi e i materiali/prodotti rimangono stoccati nell'edificio per decenni, se non per secoli. Di conseguenza le tematiche legate alla gestione del fine vita e all'uso circolare delle risorse appaiono meno rilevanti rispetto a quelle relative alla fase d'uso dell'edificio (e non è un caso che in questi anni il tema prioritario sia stato quello del miglioramento della gestione energetica).

Tuttavia, la nostra società, sempre più incline alla rapida trasformazione e a fenomeni di obsolescenza precoce, rende "precario" anche il settore edilizio, richiedendo trasformazioni con tempi sempre più brevi e continui interventi di modificazione del patrimonio costruito. Il rapporto tra tempo e architettura, tradizionalmente affrontato perseguendo soluzioni caratterizzate dalla permanenza e dalla lunga durata, è oggetto oggi di nuove interpretazioni che mirano a dare risposta alla sempre più diffusa esigenza di disporre di spazi con durata funzionale o tempo di localizzazione limitati nel tempo, delineando soluzioni connotate dalla temporaneità (Lavagna *et al.*, 2023). Tale prospettiva spesso comporta una temporaneità d'uso anche dei materiali e delle parti d'opera dell'edificio.

Per cui anche nel settore edilizio si delineano criticità dal punto di vista dell'uso efficiente delle risorse e del ciclo di vita, e dobbiamo constatare alcuni cambiamenti nella durata degli edifici e delle loro parti costituenti (componenti, prodotti, materiali). I processi di trasformazione (es. modifica-

zioni degli spazi interni per cambiamenti dei modi di uso o delle esigenze degli utenti) e di sostituzione di parti (es. cambio dei serramenti o degli impianti, per degrado o per obsolescenza prestazionale, oppure dei pavimenti, per rinnovo estetico) caratterizzano sempre più gli edifici durante la vita utile, portando a interventi di demolizione e rifacimento sempre più frequenti.

Il valore d'uso e il valore economico "di scambio" di un organismo edilizio viene meno nel tempo sia per i processi di degradamento fisico sia di obsolescenza funzionale che si attivano dalla data stessa della sua edificazione (Molinari, 1989). L'obsolescenza funzionale è correlata alla modifica della "domanda" e dei bisogni, e può riguardare modificazioni di carattere sociologico nelle modalità di funzionamento richieste oppure di carattere normativo nel quadro dei requisiti e degli standard (Molinari, 2002). Ne deriva la necessità di interventi di trasformazione e aggiornamento continuo.

A parte le costruzioni convenzionali, dove comunque i tempi di rinnovo sono abbastanza lunghi (ogni 20-30 anni), esistono invece situazioni di maggiore rapidità di rinnovo (ogni 10-15 anni), come nel terziario (uffici, strutture di accoglienza, aree espositive, spazi commerciali, *temporary shop*), dove gli spazi sono in genere in affitto e il *rebranding* e *restyling* degli spazi al subentro del nuovo utente (anche solo per motivi di immagine aziendale) porta al rifacimento del *fit-out* interno (pavimenti, controsoffitti, pareti, porte, arredi), generando elevate quantità di rifiuti costituiti da materiali quali cartongesso, moquette, pavimentazioni ceramiche, isolanti acustici, rivestimenti plastici, legno ingegnerizzato o compensato, che vengono prevalentemente smaltiti in discarica. A volte i rifacimenti vengono effettuati dallo stesso utente/affittuario per la volontà di rinnovare l'immagine spaziale (materiali e colori) per questioni di moda, ossia per "obsolescenza estetica", oppure per la necessità di riconfigurare il layout spaziale in conseguenza alla trasformazione dei modelli di commercio o di uso. In alcuni casi si assiste a riconfigurazioni anche ogni 2-5 anni.

Ciclicità ancora più brevi (pochi mesi o poche settimane) caratterizzano alcune situazioni di temporaneità d'uso legata a eventi temporanei (fiere, allestimenti, ecc.), per non parlare di grandi eventi, come olimpiadi ed esposizioni universali. In questi ambiti esistono già formule di prodotto-servizio, almeno per quanto riguarda la responsabilità del fornitore alla logistica inversa, dunque smontaggio e recupero a fine evento. Purtroppo però non tutte le parti d'opera sono oggetto di reale riutilizzo (per esempio le moquette, pur essendo recuperate dal produttore, non riescono a essere riutilizzate per più cicli e vengono ancora prevalentemente smaltite in discarica).

Esistono anche situazioni di "usa e getta" particolarmente critiche, poiché prive di una vera e propria fase d'uso, come nel caso della realizzazione delle finiture interne negli edifici terziari a fine cantiere, prima dell'in-

dividuazione del futuro acquirente o locatario. La normativa infatti impone che al momento del collaudo l'edificio sia "finito", per cui la realizzazione delle finiture interne (pavimentazioni, partizioni, controsoffitti, ecc.) deve obbligatoriamente essere compiuta prima della fine cantiere per permettere il collaudo dell'opera (Giorgi, 2024). Non si tiene conto del fatto che nel terziario le finiture, la maggior parte delle volte, vengono totalmente sostituite all'insediamento del nuovo proprietario o affittuario, dopo il collaudo. In questo modo si generano elevate quantità di rifiuti di materiali praticamente mai utilizzati.

In generale, dunque, il terziario costituisce un ambito in cui si applicano maggiormente modalità di uso temporaneo o di breve durata e in cui avvengono con più frequenza interventi di modificazione che determinano creazione di rifiuti e consumo di nuove risorse, con conseguenti elevati impatti ambientali.

Negli ultimi tempi, inoltre, si sono consolidati alcuni trend che determinano un'accelerazione delle modifiche e delle sostituzioni all'interno degli edifici terziari.

In particolare, la fruizione degli edifici come servizi (*hoteling*, *temporary shop*, *co-working* e varie forme di *sharing*), corrispondente a nuovi modelli d'uso e ad un elevato grado di temporaneità degli spazi, sta generando di conseguenza frequenti rinnovamenti. Tale processo è potenziato dalla riduzione temporale dei contratti di locazione, dalla trasformazione del mercato immobiliare, dalle trasformazioni nei modelli di commercio/vendita e, non ultime, dalle più recenti esigenze di trasformabilità organizzativa e spaziale e di riassetto rapido e reversibile all'uscita dell'emergenza pandemica.

Negli ultimi vent'anni gli spazi di lavoro si sono evoluti da uffici individuali a spazi aperti, per soddisfare la necessità di collaborazione. L'avvento dello *smart working* ha ulteriormente modificato l'utilizzo degli spazi ufficio. Ciò ha aperto la strada all'uso ibrido di spazi condivisi come *hoteling*, *hot desking* (*hoteling* senza prenotazione) e posti a sedere gratuiti. Dopo il periodo pandemico, la progettazione degli spazi per uffici sta ancora cambiando con regole ed esigenze diverse. La conseguenza sono frequenti cambiamenti nella disposizione dello spazio.

Anche gli spazi commerciali si sono evoluti negli ultimi vent'anni, con la diffusione di forme temporanee come *temporary shop* e "*pop up*" *store*. A causa delle locazioni brevi, il commercio al dettaglio è caratterizzato anche da un frequente cambio di destinazione commerciale dei negozi, che comporta sostanziali rinnovamenti degli interni in relazione alla tipologia dell'attività commerciale e all'immagine del marchio. Infine, i negozi tendono tipicamente a rinnovare frequentemente la propria immagine, per attirare l'attenzione.

Nella pratica attuale, questi lavori di trasformazione comportano la demolizione e lo smaltimento in discarica di elementi (finiture, divisori interni, pavimentazioni, controsoffitti, allestimenti, impianti e arredi), che si trovano ancora in buono stato e presentano un'elevata percentuale di prestazioni residue. Si tratta di prodotti da costruzione che potrebbero essere recuperati, riutilizzati o rilavorati tramite pratiche di *remanufacturing* (Talamo, 2022).

Gli edifici per il terziario sono dunque un ambito di particolare criticità dal punto di vista del consumo accelerato di risorse e dunque un ambito da considerare prioritario per l'applicazione di pratiche di circolarità.

2.2 Gli edifici per il terziario come terreno di sperimentazione delle pratiche di circolarità

Le strategie di circolarità trovano principale applicazione in tutti quegli ambiti connotati da breve utilizzo (in particolare imballaggi e prodotti usa e getta), aspetto che rende insostenibile (anche perché accelerato) il consumo di risorse e la generazione di rifiuti e richiede l'individuazione di soluzioni alternative che permettano quantomeno il riciclo delle risorse.

Il riciclo è però uno dei gradini più bassi della gerarchia degli scenari di fine vita, e che richiede processi costosi e impattanti (Giorgi *et al.*, 2018). Di conseguenza molti settori industriali stanno sviluppando pratiche di circolarità basate sul *remanufacturing* e sul riutilizzo, con l'obiettivo di mantenere il valore dei prodotti e ridurre le rilavorazioni necessarie per destinarli a una nuova vita utile. Tali pratiche sono per lo più associate a oggetti e componenti caratterizzati da durabilità, alto valore economico e cicli di uso breve, che consentono di abilitare catene stabili di relazioni tra gli operatori dell'intero processo produzione-uso-riuso-rigenerazione e di avere tecnologie di rigenerazione disponibili e a costi sostenibili (Dalla Valle *et al.*, 2022), considerando anche la potenzialità del prodotto di essere noleggiato o fornito come servizio. Queste ragioni dimostrano perché le attività di *remanufacturing* si sono diffuse per ora solo nei settori aerospaziale, automobilistico, elettrico, e dei macchinari, e sono state implementate solo di recente in altri settori.

Il settore edilizio presenta difficoltà di applicazione di tali logiche poiché la maggior parte dei prodotti da costruzione ha un valore economico limitato e prestazioni residue limitate a fine vita (visto il loro lungo ciclo di uso). Inoltre l'attuale patrimonio è costruito con tecniche non reversibili e dunque i componenti edilizi non sono separabili, per cui l'unico scenario di fine vita possibile è la demolizione. Per di più, la vita utile degli

edifici (e di conseguenza dei componenti edilizi) è molto lunga, per cui diventa difficile immaginare la “gestione” dei componenti su cicli di vita lunghi.

Le pratiche circolari nel settore delle costruzioni sono attualmente molto frammentate e sono ancora poche le filiere e i modelli organizzativi che coinvolgono stabilmente gli operatori in attività legate al riuso. Ciò deriva dal fatto che i flussi di prodotti, che possono essere riutilizzati o rigenerati, non sono costanti (soprattutto se ci riferiamo a quelli smaltiti dal patrimonio esistente e che non sono stati destinati ad essere riutilizzati), per cui l’attivazione di un sistema stabile di catena di fornitura diventa difficile. La variabilità dei prodotti, la frammentazione dell’offerta (legata ai singoli cantieri di costruzione/demolizione) e la varietà dei possibili operatori coinvolti o disponibili, rendono complessa la logistica e la gestione dei processi e delle responsabilità. La conseguenza è quella di gestire i prodotti riutilizzabili e i sistemi costruttivi caso per caso, non riuscendo così ad attivare filiere stabili.

Se però prendiamo in considerazione l’ambito del terziario (uffici pubblici e privati, strutture ricettive, strutture commerciali, spazi espositivi, negozi), esso appare essere il più adatto per sperimentare l’applicazione di processi di *remanufacturing* e riuso poiché caratterizzato da prodotti e materiali con elevato valore economico ed elevate prestazioni residue, spesso sostituiti dopo cicli di vita brevi (10-15 anni) (Peters *et al.*, 2017), a causa del frequente rinnovamento dell’allestimento (per ragioni funzionali, disposizione spaziale o identità aziendale). Queste caratteristiche sono simili a quelle che facilitano l’applicazione del riutilizzo e della rigenerazione nei settori industriali.

Inoltre, la maggior parte delle partizioni interne (pavimenti, controsoffitti, pareti interne divisorie, porte), tipicamente progettate e prodotte per l’edilizia terziaria, sono caratterizzate da prodotti modulari, con giunti di facile assemblaggio, assemblati a secco (quindi facilmente smontabili, garantendo l’integrità), composti da materiali di alto valore (e di alto contenuto energetico), generalmente forniti con la scheda tecnica del produttore e manuali di montaggio/smontaggio e manutenzione (quindi facilmente tracciabili).

L’utilizzo temporaneo porta alla dismissione di prodotti che presentano ancora un elevato valore residuo e che potrebbero diventare interessanti occasioni per sperimentare azioni di riuso e *remanufacturing* (Talamo *et al.*, 2021). Il vantaggio ambientale della rilavorazione emerge soprattutto per gli elementi di breve uso, dove i prodotti dismessi possono garantire un livello soddisfacente di prestazioni residue: raramente l’obsolescenza funzionale corrisponde al degrado fisico e questo aspetto andrebbe verificato alla fine dei cicli di vita funzionali dei prodotti stessi.

Gli edifici per il terziario presentano inoltre alcune caratteristiche che ne fanno ulteriormente un potenziale ambito di applicazione interessante.

I flussi di rifiuti (e potenziali risorse) provenienti da tale settore sono molto consistenti tenuto conto dell'elevato numero di edifici adibiti a diverse destinazioni terziarie (uffici pubblici e privati, strutture ricettive, spazi espositivi, commercio al dettaglio, *temporary shop*, ecc.) associato ai frequenti cicli di rinnovamento e riconfigurazione degli spazi interni, determinati da varie esigenze.

A questo si aggiunge la constatazione della presenza di un patrimonio edilizio terziario inutilizzato (e obsoleto) e in attesa di essere rivitalizzato, il cui numero è aumentato durante l'emergenza pandemica dell'ultimo biennio, a causa del cambiamento paradigmatico del "non uso" degli uffici legato alla diffusione dello *smart working*.

Inoltre, la presenza nell'ambito terziario di operatori (es. *facility manager*) che si occupano della gestione degli spazi, del monitoraggio degli interventi durante la fase di utilizzo (es. *restyling*) e della pianificazione del fine vita, non solo di singoli immobili ma di patrimoni consistenti (*real estate*), consente di identificare degli interlocutori privilegiati per le potenziali filiere di rilavorazione. Questo tipo di fornitori di servizi può facilmente aggregare e gestire grandi quantità di componenti che devono essere riparati o sostituiti in caso di rinnovamento degli edifici, garantendo flussi significativi che possono essere più facilmente gestiti in termini di logistica e rilavorazione.

Inoltre è possibile constatare una predisposizione di questo settore a sperimentare formule di prodotto-servizio (es. pratiche di successo relative agli arredi), che rende facilmente estendibile a elementi e prodotti da costruzione tale pratica, tenendo conto dei cicli brevi di utilizzo e dell'interesse dei clienti per la locazione rispetto alla proprietà. Peraltro l'integrazione di soluzioni di prodotto-servizio all'interno di servizi di *facility management*, legati alla gestione degli spazi e della manutenzione, risulta particolarmente facilitata.

Queste caratteristiche rendono gli edifici per il terziario un terreno di sperimentazione privilegiato, aprendo alla prospettiva di un diverso modo di progettare e costruire, estendibile in prospettiva anche alle altre destinazioni d'uso.

2.3 Pensare gli edifici come "banche di componenti" ad elevate prestazioni residue

L'applicazione della circolarità nel settore delle costruzioni richiede un cambiamento di percezione: il costo delle materie prime ha portato a spostare l'attenzione della filiera dall'ecosfera alla tecnosfera.

Ciò significa che i materiali immagazzinati negli edifici sono risorse potenziali, in attesa di essere riutilizzate alla fine della loro vita. Di conseguenza, le risorse dovrebbero essere monitorate durante tutto il loro ciclo di vita, in una prospettiva *cradle-to-cradle*.

L'economia circolare viene spesso interpretata come circolarità delle risorse, con una forte focalizzazione sulle materie prime e materiali.

Da un lato gli studi tendono a concentrarsi sull'ecologia industriale (come uno scarto produttivo di un'industria possa diventare risorsa per un'altra industria) e sull'*urban mining* (come l'ambiente costruito possa essere considerato uno stock di risorse riutilizzabili a fine vita), cercando di mettere in rete le attività e i flussi materici alla scala urbana e territoriale (Lavagna, 2020), dunque alla scala macro.

Dall'altro gli studi tendono a concentrarsi sul tema del riciclo dei materiali (Altamura, 2015), dunque alla scala micro, evidenziando l'importanza di rendere possibile il reintegro di materie prime seconde all'interno dei processi produttivi (es. uso di inerti riciclati o di ceneri volanti per il confezionamento di nuovo calcestruzzo).

Il livello edilizio, ossia la scala meso, è invece raramente considerato (Pomponi e Moncaster, 2017). Eppure questa scala può costituire la dimensione di controllo della progettazione e gestione dei flussi materici, correlati all'ambiente costruito.

Inoltre studiare la circolarità alla scala dell'edificio consente di ragionare non solo sui materiali ma anche sugli oggetti della costruzione (elementi e componenti edilizi) in cui i materiali confluiscono. Questo permette di spostare l'attenzione dal materiale in sé al componente edilizio, che è il prodotto che confluisce nell'edificio e che ha un valore aggiuntivo rispetto al materiale, poiché è stato oggetto di lavorazioni che rendono il materiale adatto funzionalmente e prestazionalmente all'uso nella costruzione.

Assumere come oggetto di studio il materiale porta più facilmente a prendere in considerazione il riciclo come scenario di fine vita, poiché "l'estensione d'uso" viene applicata alla risorsa, dunque al materiale, e il beneficio risiede nel non prelevare materie prime vergini e nel non conferire in discarica il materiale dopo l'uso.

Diversamente, l'assunzione del componente edilizio come oggetto di studio porta più facilmente a prendere in considerazione scenari di fine vita più virtuosi, come il *remanufacturing* e il riuso, e solo in ultima istanza, se proprio tali scenari non sono applicabili, l'opzione del riciclo.

Gli obiettivi di circolarità dovrebbero, nel caso degli edifici, spostarsi dal materiale al componente e dal riciclo al *remanufacturing* o al riuso, in modo da conservare il valore aggiunto del componente rispetto al semplice materiale.

La difficoltà per il settore edilizio di prolungare il mantenimento del valore economico è la ragione principale che ostacola l'attuazione di strategie di circolarità più efficaci. La possibilità di identificare un valore economico residuo nei prodotti da costruzione è generalmente scarsa, sia per lo scarso valore dei materiali da costruzione, sia per lo stato di degrado degli elementi a fine vita dell'edificio (essendo generalmente molto lunga la vita degli edifici). Il riutilizzo e il *remanufacturing* sono raramente praticati nel settore edilizio e sono più diffusi nei settori industriali, dove i prodotti a fine vita presentano ancora buone prestazioni residue e un elevato valore economico, e i cicli di vita utile (di utilizzo) sono brevi. Nel settore delle costruzioni, queste pratiche sono ostacolate dal basso valore economico dei prodotti e dai lunghi tempi di utilizzo (tipicamente decenni), che scoraggiano gli operatori dall'assumersi la gestione della vita utile dei prodotti e della fine della vita o rendono poco plausibile la possibilità di interfacciarsi con un operatore/fornitore attivo sul mercato stabilmente per tempi così lunghi.

A questo si aggiunge la rara applicazione di pratiche di smontaggio, che permetterebbero il potenziale riutilizzo dei prodotti (ancora integri), poiché risultano molto costose essendo manuali; ne consegue la diffusa pratica della demolizione, più economica. Inoltre, quello dello smontaggio è uno scenario difficilmente applicabile ad edifici che non siano stati progettati e costruiti per essere smontati (e, quindi, non caratterizzati da soluzioni costruttive reversibili), come gli edifici che costituiscono il patrimonio esistente.

Le caratteristiche del patrimonio costruito esistente richiedono inevitabilmente attività di demolizione a fine vita dell'edificio, restituendo materiali per lo più inerti, di scarso valore e difficilmente riciclabili, determinando come unico scenario la pratica del *downcycling*. Gli studi si concentrano quindi sulla necessità di risolvere il problema di come gestire tali flussi di macerie, trovando delle alternative di valorizzazione delle risorse materiche.

Nel patrimonio costruito esistente l'identificazione dei componenti costituenti e la loro riconoscibilità e separabilità a fine vita è molto limitata. Questo è il motivo per cui fino ad oggi la demolizione è l'attività a fine vita dell'edificio più praticata, e una volta attuata la demolizione, il riciclo delle macerie è l'unico possibile scenario di fine vita dei materiali che possa essere preso in considerazione.

Ma la possibilità di cambiare il nostro modo di realizzare edifici, concepiti progettualmente e costruiti come assemblaggio di componenti e stratigrafia di parti d'opera (*building in layer*), potenzialmente separabili e disassemblabili (*design for disassembling*) nei processi di manutenzione e

riqualificazione e a fine vita (Cheshire, 2016), aprirebbe la possibilità di ottenere componenti edilizi ancora integri e quindi potenzialmente riusabili oppure rilavorabili, se necessitano di aggiustamenti o modifiche per essere rifunzionalizzati.

Questo approccio è maggiormente in linea con l'obiettivo primario dell'economia circolare, e con gli originali principi ispiratori, di conservazione delle risorse e del valore, tramite l'allungamento della vita del prodotto. Tale principio si basa non semplicemente sull'estensione dell'uso dei materiali su più vite (attraverso il riciclo), ma possibilmente sull'estensione dell'uso (attraverso cicli molteplici di utilizzo) dei prodotti e dei sistemi costruttivi così come sono (riuso) o con pochi adattamenti (rilavorazione), mantenendo il loro valore nel tempo.

Tale prospettiva è oggi più facilmente applicabile negli edifici per il terziario, dove i componenti hanno un elevato valore residuo, sia per la maggiore qualità tipicamente applicata in tale ambito per motivi di immagine sia per il ridotto tempo di uso tipico di tale settore, rendendo la probabilità di riuso e *remanufacturing* più alta. Ciò non toglie che le tematiche fin qui trattate nell'ambito del terziario hanno delle possibilità di estensione anche ad altre destinazioni funzionali.

Anche gli edifici residenziali possono essere considerati un ambito in cui avvengono modificazioni durante il ciclo di vita, come manutenzioni e sostituzioni per motivi di degrado o di obsolescenza tecnologica/funzionale di singole parti d'opera (pensiamo ai serramenti), e che può richiedere trasformazioni (modifiche nella conformazione dello spazio interno all'alloggio, cambiamenti nel taglio degli alloggi). Addirittura i fenomeni di obsolescenza funzionale dell'intero edificio possono determinare la necessità di cambiamenti nelle destinazione d'uso, con la necessità di convertire un edificio residenziale in edificio per uffici o viceversa un edificio per uffici in edificio residenziale.

I temi della adattabilità, flessibilità degli spazi e reversibilità costruttiva sono infatti particolare oggetto di interesse per i grandi investitori e sviluppatori immobiliari (es. Coima, che in recenti interventi sul territorio milanese ha volutamente applicato tali principi). Certamente questo approccio ha un costo di progettazione e costruzione più elevato, ma nella realtà tale costo è ampiamente ripagato dalla diminuzione del rischio che si ha sull'immobile (rispetto agli scenari di uso), mantenendolo più appetibile e resiliente (capace di trasformarsi nel tempo) rispetto al mercato.

Il progetto di architettura deve dunque considerare la necessità di confrontarsi con i cambiamenti, adottando principi progettuali di adattabilità, flessibilità e trasformabilità dello spazio, abbinati a principi progettuali di reversibilità costruttiva, modularità e stratificazione/separabilità dei va-

ri strati (*layer*), nella prospettiva degli *Open Building* (edifici a elevata neutralità funzionale, grazie alla separazione tra spazi serviti e spazi serventi) e dei *Reversible Buildings* (Durmisevic, 2018).

In linea con questi concetti, il progetto europeo Horizon 2020 BAMB “Building as Material Bank” (Peters *et al.*, 2017) esplora le modalità di applicazione dell’economia circolare agli edifici e suggerisce che gli edifici possono essere visti come “banche” di prodotti e materiali e che per attivare forme di circolarità occorre puntare su edifici adattabili e reversibili. I report di questa ricerca indagano la frequenza con cui le diverse categorie di prodotti diventano disponibili per un potenziale riutilizzo, basandosi sul sistema costruttivo delle sei S di Stewart Brand (1995) in relazione ai diversi tipi di intervento. In particolare, la teoria di Brand individua le seguenti “durate di vita”: Sito (area): eterno; Struttura (elementi portanti): da 30 a 300 anni; Skin/Involucro (chiusure verticali e orizzontali): 20 anni; Servizi (sistemi HVAC e impianti come ascensori): da 7 a 15 anni; Spazio interno (partizioni interne): 3 anni; Stuff/Arredi (mobili, elettrodomestici, oggetti): da giornaliera a mensile. L’attenzione dovrebbe essere concentrata sui sistemi a breve termine, come il *fit-out* interno.

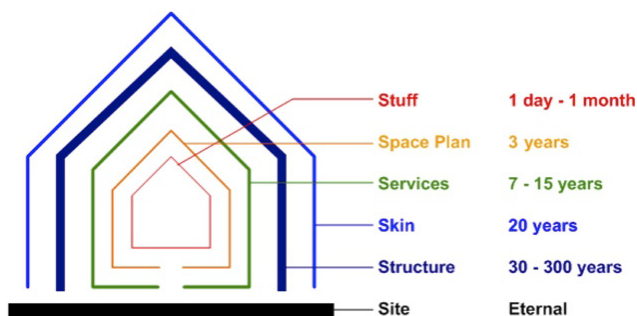


Figure 2. Stewart Brand's 6 S's from "How Buildings Learn"

Fig. 1 - Rappresentazione delle 6S dell'edificio (fonte: Brand, 1995) e delle frequenze di modifica (Peters *et al.*, 2017)

Gli edifici sono sistemi complessi, apparentemente stabili ma in continuo mutamento nel loro uso e costituiti da elementi con durate e funzioni differenti. L'applicazione di metodi e strumenti che consentano di misurare la sostenibilità delle scelte progettuali e gestionali, considerando gli impatti nelle diverse fasi del ciclo di vita in relazione alla variabile temporale, rappresenta un'ulteriore sfida e campo di indagine (Campioli *et al.*, 2018).

Pensare all'edificio come banca dei materiali (o meglio dei componenti) apre a nuove strategie e modelli di business per allungare la vita utile dei prodotti da costruzione, preservandone il valore nel tempo. Per consentire questi cambiamenti, l'approccio progettuale deve considerare più di un ciclo di vita dei prodotti/elementi, verso il riutilizzo, il *remanufacturing* e la rifunzionalizzazione.

Una buona pratica è rappresentata dagli inventari dei materiali e dei prodotti presenti negli edifici, il cui valore economico è aggiornato in tempo reale, seguendo le variazioni del mercato.

Una delle iniziative più virtuose di tale tipo, in via di sviluppo, è la piattaforma Madaster ideata da Turntoo, il cui scopo è quello di dare un'identità a tutti i materiali, poiché «i rifiuti sono materie prime senza identità» (Rau e Oberhuber, 2019). Essa contribuisce a diffondere la consapevolezza del valore dei prodotti da costruzione nel tempo e dei benefici (anche economici) che derivano dalla loro gestione al primo fine utilizzo verso il riutilizzo. Il valore economico residuo dei materiali e dei prodotti stoccati nell'edificio a fine vita utile, fornisce a investitori e proprietari una conoscenza del costo di demolizione, del costo del trasporto e del valore residuo della materia prima, utile a prevedere la spesa o il guadagno che investitori e proprietari devono o possono affrontare, attraverso la demolizione, il riciclo o il riuso (vendita in mercati alternativi) dei materiali e prodotti (Giorgi, 2024).

Per quanto molteplici siano gli strumenti di supporto, anche digitale (Lavagna *et al.*, 2023), all'affermazione di pratiche di circolarità, numerose sono le barriere, nel contesto sia nazionale sia internazionale, che devono ancora essere superate (Giorgi *et al.*, 2022).

In particolare i percorsi orientati al riuso richiedono il superamento di vari ostacoli di tipo normativo, economico, tecnico, culturale.

Innanzitutto le lacune normative impediscono l'implementazione di processi di riutilizzo in campo architettonico, disincentivando ulteriormente una catena del valore già priva di forze trainanti (Condotta, Zatta, 2021). In particolare il riuso determina delle criticità rispetto alla certificazione dei prodotti e alle relative garanzie e responsabilità della qualità e delle prestazioni dei componenti di seconda vita, che dal produttore rischiano di ricadere sul progettista e costruttore.

Inoltre i prodotti da riuso e da *remanufacturing* rischiano di avere un costo superiore ai prodotti sul mercato, poiché richiedono una logistica inversa, stoccaggio e ri-commercializzazione frammentata e lavorazioni di quantità limitate, da valutare volta per volta, che non possono essere di tipo industriale e quindi ricadono nell'ambito delle lavorazioni artigianali, innalzando il costo del prodotto finale, benché proveniente dal riuso.

Proprio il tema delle rilavorazioni pone in evidenza la questione delle barriere tecniche. La varietà dei modi di utilizzo durante la fase di uso può avere un impatto significativo sulle condizioni dei prodotti restituiti, comportando un'elevata variabilità nella qualità residua dei componenti e nelle esigenze di rilavorazione, con la necessità dunque di gestire azioni di volta in volta molto differenti, ma che richiedono l'uso di macchinari e attrezzature specializzate (e competenze specializzate). Inoltre sono ancora poco diffuse soluzioni costruttive realmente reversibili, per quanto assemblate a secco. Per esempio le attuali soluzioni per controsoffitti e pareti in cartongesso non consentono una efficace smontabilità delle parti, per cui sono ancora in fase di studio e sperimentazione soluzioni realmente disassemblabili capaci di mantenere integri i vari componenti.

Una ulteriore importante barriera è costituita dall'aspetto culturale. La percezione degli utenti finali, dei committenti e degli stessi progettisti/costruttori di minore qualità o di diffidenza per un prodotto proveniente dal riuso rispetto a un prodotto nuovo, porta a una scarsa domanda di mercato e dunque a rallentare la diffusione di pratiche di circolarità.

Infine, l'elevata personalizzazione legata al *branding* richiesta dagli operatori del terziario rende difficile il riuso, sia per la volontà delle aziende di mantenere l'esclusività dell'immagine, sia per la difficoltà di riadattare componenti molto personalizzati. Il riuso è più facilmente associabile a prodotti standardizzati, nelle dimensioni e nell'immagine.

Occorre però considerare il sempre più diffuso interesse da parte delle aziende, anche per questioni legate alla stessa immagine, nei confronti dei temi della sostenibilità e della circolarità, promossi anche nelle politiche di sostenibilità ambientale, sociale e della governance (ESG) in ambito aziendale. Di conseguenza molte di queste barriere sono oggetto di studio per trovare soluzioni.

L'identificazione di barriere può costituire anche l'opportunità di delineare nuove attività per superarle (nuove professionalità, nuovi prodotti, nuovi modelli, nuovi strumenti). Per superare tali ostacoli occorre cambiare prospettiva, tenendo conto delle occasioni che potrebbero aprirsi, per costruire un nuovo scenario più sostenibile, mettendo in atto la celebre frase di Winston Churchill "non sempre cambiare equivale a migliorare, ma per migliorare bisogna cambiare".

Bibliografia

Altamura P. (2015), *Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, FrancoAngeli, Milano.

- Bauman Z. (2008), *Consumo, dunque sono* (tit. or. *Consuming Life*, Polity Press, Cambridge, 2007), Edizioni Laterza, Bari.
- Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. (2016), “Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy”. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5).
- Brand S. (1995), *How Buildings Learn: What Happens after they're Built*, Penguin, New York.
- Campioli A., Ganassali S., Dalla Valle A., Giorgi S. (2018), “Progettare il ciclo di vita della materia: nuove tendenze in prospettiva ambientale”, *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, 16, 86-95.
- Cheshire D. (2016), *Building Revolutions. Applying the Circular Economy to the Built Environment*, RIBA Publishing, New Castel.
- Condotta M., Zatta E. (2021), “Reuse of Building Elements in the Architectural Practice and the European Regulatory Context: Inconsistencies and Possible Improvements”, *Journal of Cleaner Production*, 318.
- Dalla Valle A., Atta N., Giorgi S., Macrì L., Ratti S., Viscuso S. (2022), *Re-Manufacturing Evolution Within Industrial Sectors and Transferable Criteria for the Construction Sector*, in Talamo C.M.L. (editor), *Re-Manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.
- Durmisevic E. (2018), *Reversible Building Design*, in Martin Charter (ed.), *Designing for Circular Economy*, Routledge, London.
- Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*, testo disponibile al sito: www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf.
- Galbraith J.K. (1972), *La società opulenta* (tit. or. *The Affluence Society*, 1958), Boringhieri, Torino.
- Galimberti U. (2014), *L'usura della terra*, Edizioni Albo Versorio, Milano.
- Giorgi S., Lavagna M., Campioli A. (2018), *Guidelines for Effective and Sustainable Recycling of Construction and Demolition Waste*, in Benedetto E. et al. (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies – From Science to Innovation*, Springer Nature, Cham, pp. 211-221.
- Giorgi S., Lavagna M., Wang K., Osmani M., Gang L., Campioli A. (2022), “Drivers and Barriers Towards Circular Economy in the Building Sector: Stakeholder Interviews and Analysis of Five European Countries Policies and Practices”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 336, 130395.
- Giorgi S. (2024), *Progettare la circolarità. Strategie e strumenti per l'economia circolare nel settore edilizio*, FrancoAngeli, Milano.
- Latouche S. (2015), *Usa e getta. Le follie dell'obsolescenza programmata* (tit. or. *Bon pour la casse. Les déraisons de l'obsolescence programmée*), Bollati Boringhieri, Torino.
- Lavagna M. (2020), *Circular Approach in Green Planning Towards Sustainable Cities*, in Dall'O' G. (ed.), *Green Planning for Cities and Communities*, Springer Nature, Cham, pp. 95-117.

- Lavagna M., Giorgi S., Pimponi D., Porcari A. (2023), “Tecnologie abilitanti per l’economia circolare nel settore edilizio”. *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, 25, 214-224.
- Molinari C. (1989), *Manutenzione in edilizia. Nozioni, problemi, prospettive*, FrancoAngeli, Milano.
- Molinari C. (2002), *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia*, Esselibri, Napoli.
- Peters M., Ribeiro A., Oseyran J., Wang K. (2017), *Buildings as Material Banks and the Need for Innovative Business Models*, Report BAMB, testo disponibile al sito: www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/11/BAMB_Business-Models_20171114_extract.pdf.
- Pomponi F., Moncaster A. (2017), “Circular Economy for the Built Environment: a Research Framework”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 710-718.
- Rau T., Oberhuber S. (2019), *Material matters. L'importanza della materia*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Sirilli G. (2008), *Innovazione tecnologica*, voce da: *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Enciclopedia della Scienza e della Tecnica, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, Volume V, pp. 311-322.
- Stahel W.R. (2010), *The performance economy*, Palgrave Macmillan, Londra.
- Talamo C.M.L., Lavagna M., Monticelli C., Zanelli A., Campioli A. (2021), “Remanufacturing: strategie per valorizzare l’estensione della vita dei prodotti edilizi a breve ciclo d’uso”, *TECHNE. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 22, pp. 71-79.
- Talamo C.M.L. (ed) (2022), *Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures. Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.

3. Strategie di circolarità nel tessile per l'architettura

di Alessandra Zanelli, Carol Monticelli*

3.1 Il *design for disassembly*, una nuova prospettiva per la cultura del progetto

Il *design for disassembly* nel campo dell'architettura è un'attitudine mentale che, in teoria, ben si combina con la pratica costruttiva dell'assemblaggio a secco delle parti costituenti un insieme edilizio. Di recente, tale attitudine è stata codificata, nella speranza che le prescrizioni aiutino finalmente a porre l'accento sulla necessità di un cambio di rotta generale del settore delle costruzioni. Con riferimento a tutti i tipi di edifici, a tutte le funzionalità, ai vecchi e ai nuovi, a quelli longevi (> 20 anni) e quelli temporanei (< 20 anni), risulta ineludibile che ogni pensiero progettuale (*design*) di oggi si proietti oltre il naturale obiettivo della costruzione (*assembly*) e si focalizzi anche sul come smontare le singole parti in futuro (*design for disassembly*), oppure a come renderle adattabili (*design for adaptability*), ovvero versatili, ripensabili, magari anche convertibili ed espandibili, per quanto più tempo possibile, in relazione alla durata dei materiali di cui sono stati, sono o saranno costituiti (ISO 20887:2020).

La norma sottolinea altresì la somma rilevanza dell'approccio al disassemblaggio delle componenti edilizie nel caso in cui esse siano incorporate in un edificio temporaneo, mentre la massima adattabilità nel tempo è attesa in particolare nei manufatti edilizi più longevi, ove si è valutato che abbia più senso trasformare le parti piuttosto che smontarle, mentre se proprio si opererà per lo smontaggio, allora almeno ci si aspetta che tali componenti siano rimpiazzabili, ripristinabili, recuperabili, o in ultimo, almeno riciclabili.

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

In questo capitolo si assumono due argomentazioni relative al *design for disassembly and adaptability* (DfD/A), che fungono da premessa al tema principale, che riguarda le strategie di circolarità in una nicchia di materiali e componenti edilizi, quella dei tessili tecnici per l'architettura.

La prima assunzione è che il *design for disassembly and adaptability* (DfD/A) sia oggi applicabile con particolare efficacia sugli edifici terziari – o meglio su tutti quelli non-residenziali – perché proprio su tali edifici oggi si annoverano le innovazioni più radicali che investono l'intera filiera (*design-fabrication-delivery*) che culmina con la costruzione dell'opera architettonica.

La seconda assunzione è che il DfD/A applicato a componenti edilizi particolarmente leggeri e facili da maneggiare e smontare – come per esempio quelli tessili – rappresenti oggi un campo applicativo di frontiera per sperimentare le strategie del *design for re-manufacturing* (DfRem) che appare oggi tanto promettente quanto futuribile, da non essere chiaramente contemplato con chiarezza dalla norma, che talvolta accenna al *reprocessing* delle parti edilizie più longeve (che può riferirsi sia al *remanufacturing* in senso stretto oppure anche al *recycling*), senza addentrarsi a definirne né principi né pratiche, come invece viene fatto puntualmente per il DfD/A.

L'applicazione dei principi di economia circolare ai prodotti e sottoprodotti generati in ingresso e in uscita dalla filiera dei componenti per le costruzioni e dei materiali per l'architettura apre il campo a diverse sfumature di progettualità virtuose capaci poi di tradursi in altrettanti livelli di re-azioni (*reuse, redesign, reduce, repurpose*). Tuttavia, la progettazione architettonica, tecnologica e ambientale contempla una complessità tale da rendere impraticabili le procedure di ricondizionamento che tipicamente vengono applicate alla maggior parte di altri prodotti a fine vita. L'edificio è sempre un'opera unica, anche quando le sue parti sono prodotte in serie. Ripensare, riusare, riprogettare e riproporre le parti di un edificio disassemblato o dismesso comporta ancora molte sfide aperte e altrettante barriere economiche alla sua completa applicabilità (cfr. cap. XX).

Il sotto-insieme dei componenti edilizi a base tessile e quella dei materiali flessibili detti “tessili tecnici” rappresentano al momento un ambito di nicchia – a complessità più limitata e controllabile – nel quale emergono le prime esperienze virtuose improntate proprio a quel livello più sfidante e innovativo del *design for re-manufacturing* (DfRem).

La norma evidenzia anche un dato di fatto che dovrebbe essere oramai ben noto ai progettisti operanti nel settore dell'architettura del terziario, ossia che l'opzione del riciclo è proprio l'ultima *chance* ambientalmente sostenibile che si possa correlare all'applicazione dei principi del DfD/A. Ma cosa succederebbe se l'edificato oggetto di una potenziale trasformazione non era stato progettato affatto secondo le regole del *design for disas-*

sembly? Possiamo comunque ripensarlo e rimodernarlo applicando i nuovi approcci? In questo primo paragrafo si cerca di dimostrare che è ora che il DfD diventi una prospettiva ineludibile in qualunque prassi progettuale, nuova o trasformativa dell'esistente, per essere davvero rappresentativa dell'odierna cultura del progetto.

La terminologia inglese di *assembly* coincide con la locuzione italiana di "assemblaggio a secco", ovvero prevede un'azione meccanica o di giustapposizione delle parti componenti il subsistema edilizio che diventa automaticamente predisposto per il futuro disassemblaggio (*disassembly*). Non si può assemblare/disassemblare un lavoro di ingegneria civile come un telaio in calcestruzzo armato gettato in situ, ma nemmeno un profilo strutturale di poltruso polimerico fibro-rinforzato. Entrambi questi componenti di natura composita si possono riciclare a fronte di energivore e costose operazioni preliminari di scomposizione meccanica o chimica delle singole componenti materiali. Le pratiche dell'assemblaggio e del disassemblaggio estese all'intero sistema edilizio sono particolarmente opportune se l'edificio di partenza è un edificio per il commercio, per l'industria o per il terziario, ove negli ultimi 30 anni sono stati applicati sistemi di facciata e di partizioni interne realizzate per assemblaggio a secco.

L'edilizia residenziale forse rappresenta l'ultimo baluardo di resistenza di una pseudo-tradizione costruttiva di approntamento in sito delle parti e di successive modifiche in corso d'opera a scapito della qualità e dei costi. Su questa categoria di edifici risulta ancora difficile la pratica del disassemblaggio e del conseguente DfRem o anche del DfD/A.

In generale, una rinnovata cultura progettuale orientata al DfD/A deve tener presente che l'attività progettuale è il terreno fertile in cui tutte le decisioni prendono una forma e una consistenza esecutiva. Il progetto è il momento cardine dell'*immaginazione costruttiva* (Guazzo, 2003).

Gli elementi compositivi riferibili alla prefabbricazione industriale e alla standardizzazione edilizia erano il mattone, il pannello sandwich, la trave precompressa ecc. e ciascuno di essi era parte integrante di un sistema finito di elementi, e che incorporava precise regole di assemblaggio, e che teneva conto del comportamento dei materiali e delle giuste tolleranze tra diverse parti da mettere in opera. Qualità e bellezza dell'opera architettonica al tempo della standardizzazione edilizia potevano derivare solo da un processo progettuale e costruttivo interpretato come un'*ars combinatoria flessibile* (Eduardo Vittoria, cit. in Vitale *et al.*, 1995, p. 18) i cui "pezzi" di sistemi differenti vengono poeticamente assemblati insieme, con un intento programmatico di superamento delle rigidità della produzione in serie.

Nell'attuale era post-industriale, il progetto è finalmente liberato dalle limitazioni economiche e produttive della standardizzazione per grandi nu-

meri e le macchine a controllo numerico hanno aperto la strada alla sostenibilità economica di più limitate serie variate; al contempo, gli strumenti di supporto digitale che prefigurano una fase di pre-fabbricazione tutta virtuale, simulata al computer, mediante il caricamento e il controllo simultaneo dei disegni sviluppati dai diversi specialisti coinvolti nel progetto (Kieran, Timberlake, 2008), al fine di evitare errori nelle connessioni tra parti d'opera ma anche nel dimensionamento dei singoli elementi tecnici.

Oggi la pratica progettuale appare finalmente supportata da strumenti idonei a rendere applicabile il DfD/A, in tutte le fasi, dalla simulazione della assemblabilità, fino alla produzione industriale delle parti edilizie. Il progetto in ambiente BIM, per esempio, si sviluppa incorporando direttamente i prodotti edilizi con cui si intende realizzare l'opera e quindi procedendo via via anche nell'aggiornamento automatico della stima dei costi dell'opera. Questo nuovo percorso progettuale consente all'architetto e al designer di anticipare la scelta dei prodotti costruttivi, maneggiandoli virtualmente, provandone la rispondenza nel progetto via via che esso prende forma. Ciò significa finalmente riportare la materialità dell'architettura e le modalità costruttive proprio nel cuore della speculazione architettonica, ovvero nella fase più inventiva della pratica progettuale, dove le linee si trasformano in spazi e dove i materiali e le tecniche prefigurano la costruzione. Siamo di fronte a una nuova prassi progettuale che potremmo definire di "composizione industriale" o di "artigianalità virtuale". Questa rinnovata prassi progettuale, al tempo dell'economia circolare, potrebbe essere paragonata alla pratica artistica dell'*assemblage*, tecnica artistica emergente negli anni Venti e Trenta del Novecento che prometteva una nuova libertà espressiva attraverso il ricorso all'uso di materiali insoliti o all'inusuale accostamento di oggetti trovati nella realtà quotidiana, segnando una rottura definitiva con la tradizione figurativa e tecnica ottocentesca, ma soprattutto promuovendo una nuova figura di artista-*bricoleur* che accumula materiali e oggetti e li assembla in modo creativo e libero da regole precostituite (Zanelli *et al.*, 2010).

La promessa del *Design for assembly* è di condurre il progettista verso una rinnovata cultura progettuale che finalmente abbia i mezzi (digitali e manifatturieri) e i fini (la sostenibilità ambientale) per abbandonare la vecchia componibilità riferibile ai sistemi chiusi di pezzi prodotti secondo repertorio e di dedicarsi a un processo compositivo più libero, di volta in volta rispondente alle intenzioni dei progettisti (Perriccioli, 1995). L'acuta messa a fuoco di questi scenari di cambiamento in atto nel processo di progettazione e costruzione dell'architettura, vede solo di recente i primi esiti costruttivi e una ragionevole applicazione dei nuovi metodi, supportati finalmente da un quadro normativo che promuove l'adattabilità e la

disassemblabilità come prospettiva da mettere in campo fin dal primo progetto. È in essere un radicale cambiamento nell'organizzazione delle filiere produttive, non tanto in quelle riferite ai prodotti da costruzione, ma in generale anche a quelle dei comparti più evoluti che da sempre sono il riferimento per il rinnovamento del settore edilizio. Nel campo dell'*automotive* si registra un progressivo accorciamento della filiera delle lavorazioni rispetto al modello fordista primigenio: oggi si va a fabbricare pochi sotto-componenti e molto integrati tra loro a formare *kit* in modo da controllare al massimo la qualità e contenere i costi nel passaggio da un sub-fornitore a un altro e infine trasformando la fabbrica detentrica del marchio nel luogo del semplice assemblaggio di poche parti molto avanzate. In modo analogo si sta oggi procedendo anche nell'industria edilizia: se il processo di costruzione della Hong Kong Bank di Norman Foster nel 1984 prevedeva l'arrivo in cantiere di pezzi provenienti da oltre 150 fornitori differenti, oggi si prospettano filiere corte anche nell'ambito di progetti complessi, dove sempre più si ritiene superata la fase di prefabbricazione – essendo essa via più incorporata nella fase di simulazione costruttiva mediante modelli virtuali BIM – e si parla di sequenze di fabbricazione (*fabrication*) e consegna (*delivery*), evidenziando la semplificazione delle operazioni di assemblaggio da compiersi in cantiere. I nuovi metodi di fabbricazione industriale guidati dalle macchine a controllo numerico e di consegna integrata del progetto consentono un scambio diretto tra il modello 3d progettato nell'insieme e i disegni dei singoli pezzi messi in macchina dal produttore; nelle più virtuose delle situazioni, non c'è più né interpretazione né ridisegno dei disegni da parte di chi fabbrica le parti d'opera pensate dal progettista (Bergdoll, 2008). Si delinea dunque un'opportunità economicamente sostenibile del sogno del Movimento Moderno e del Taylorismo (Bergdoll, 2008), ovvero quello di avere prodotti industriali che rendono l'edificio facilmente approntabile, rispondente *ad hoc* a specifiche esigenze, ma anche modificabile nel tempo in sintonia con le mutevoli aspettative dei suoi stessi utilizzatori. Purtroppo, i desideri di personalizzazione – ancora in gran parte veicolati attraverso la creatività e le intenzioni progettuali – continuano a scontrarsi con alcune persistenti rigidità dei rinnovati strumenti computazionali e di controllo digitale dell'intero processo di produzione della costruzione. Insomma, cambiano i metodi e gli strumenti, ma anche nella costruzione più all'avanguardia oggi, rinominata “manifattura 4.0”, appaiono molte barriere al raggiungimento di una vera e propria possibilità di differenziazione dei prodotti edilizi che si traduca nella loro ordinabilità e fabbricabilità e installabilità su domanda (Bock, Linner, 2015; Viscuso, 2020).

La cultura progettuale del DfD/A ha nuove e promettenti basi, teoriche, normative, procedurali, e produttive, da cui partire; ora sarebbe il ca-

so di capire se sia legittimo che lo stimolo a disassemblare e re-manufaturare debba essere attivato solo da un mero vantaggio economico oppure siano evidenti altri tipi di vantaggi. La cultura del DfD/A dovrebbe auspicabilmente portare nuova qualità ai manufatti edilizi oggetto di tali approcci circolari; forse nuovi linguaggi, nuove bellezze possono anche essere scoperti in questi oggetti edilizi ri-trovati, ri-progettati e ri-maneggiati e ri-manufatturati secondo l'atteggiamento del *bricoleur*, la cui creatività si sprigiona proprio dalla necessità e dalla scarsità di risorse.

A tal proposito, la normativa corrente sulla sostenibilità negli edifici e nei lavori di ingegneria (ISO 20887:2020) viene in supporto ai progettisti, che – almeno negli edifici per il terziario, il commercio e l'industria – possono fin da ora adottare i seguenti principi generali di DfD/A:

- favorire un facile accesso ai componenti e ai servizi;
- progettare l'indipendenza delle parti;
- evitare i trattamenti e le finiture non strettamente necessarie;
- supportare il riuso in un'ottica di economia circolare;
- progettare la semplicità;
- riferirsi a principi di standardizzazione;
- progettare la sicurezza nel disassemblaggio.

Altrettanto importante è che i sopra indicati principi generali siano poi adottati in modo coerente durante le pratiche costruttive. Azioni in linea con i principi generali sono di seguito esplicitate, con riferimento alla norma ISO 20887 del 2020:

- quando possibile, dovrebbero essere utilizzati materiali e componenti che possono essere sostituiti o rimossi e trasportati facilmente, in modo sicuro e più economico;
- dovrebbe essere previsto un mezzo per gestire i componenti durante il disassemblaggio; inoltre l'intera gestione del disassemblaggio può richiedere punti di connessione per l'attrezzatura di sollevamento o dispositivi di supporto temporanei;
- i componenti dovrebbero essere dimensionati per adattarsi ai mezzi di gestione previsti;
- in fase progettuale dovrebbero pertanto essere prese in considerazione diverse opzioni di gestione lungo tutte le fasi di montaggio, disassemblaggio, trasporto, riprocessamento (rimanifattura) e ri-assemblaggio;
- infine dovrebbero essere forniti pezzi di ricambio e dovrebbero essere previsto uno spazio di stoccaggio in situ per tali pezzi, in particolare per le parti progettate su misura, allo scopo di consentire un

facile disassemblaggio e la sostituzione dei componenti rotti o danneggiati, ma anche eventualmente per facilitare piccole modifiche al progetto.

3.2 I *design for re-* nelle costruzioni leggere e tessili per il terziario

Nell'architettura terziaria, caratterizzata da cicli brevi di uso, sostituzione e rinnovamento, le soluzioni costruttive basate sull'impiego di tessuti hanno un impiego diffuso, in virtù della loro leggerezza, maneggevolezza e facile installazione, talvolta anche in relazione a specifiche prestazioni assolte dagli strati di rivestimento superficiale e finitura, impiegati per la qualificazione degli spazi interni, quali per esempio l'aspetto, la pulibilità, il benessere termico, acustico e ottico-visivo.

Questa categoria di componenti edilizi leggeri prevede azioni di rinnovamento o sostituzione molto ravvicinate, anche dell'ordine di cinque anni dopo il primo uso, pertanto ricade in quella che la norma ISO 20887 definisce componenti edilizi temporanei, la cui durata è inferiore ai 20 anni e per i quali risulta particolarmente efficace procedere seguendo i principi generali del *design for disassembly*, piuttosto che prefigurare la loro adattabilità nel tempo. In questa categoria sono presenti molte componenti tessili, in forma di controsoffitti, partizioni mobili e tendaggi. Più di rado nel terziario di breve durata si possono ritrovare anche componenti costruttivi più innovativi, come per esempio i sistemi di partizione removibili, auto-portanti e auto-stabili, integrabili con rivestimenti tessili o pannelli compositi alleggeriti da schiume, ed altri tipi di pannelli leggeri multi-strato integrabili con corpi illuminanti e/o scaldanti, o con sensori e recettori di temperatura, umidità o anti-effrazione.

Dalla cosiddetta architettura tessile o architettura tensile a membrana – la cui durata media è di 15 anni – quindi ancora annoverabile come sistema edilizio temporaneo dalla ISO 20887 – si può constatare che alcune caratteristiche chiave di questa nicchia di architetture per il terziario, una volta estese ad altri tipi di manufatti edilizi di breve-media durata, potrebbero favorire la circolarità dei prodotti edilizi e il *design for re-manufacturing* (DfRem) in segmenti più ampi delle costruzioni.

Da sempre i progettisti della cosiddetta “tent-architecture” hanno adottato un approccio progettuale finalizzato al disassemblaggio delle singole parti e dell'insieme, con l'obiettivo di far fronte efficacemente a problemi di sostituzione di componenti durante la breve vita di tali costruzioni, ma anche con il più profondo intento di imitare le costruzioni della natu-

ra, sempre essenziali, efficienti per un determinato contesto e risparmiuose nell'impiego di materiali.

Nella nicchia delle migliori costruzioni temporanee tessili, il ricorso combinato agli imperativi del ridurre e del ripensare e del progettare per disassemblare (*design for disassembly*) e del progettare per ridurre (*design for reduce* – DfRed) sono adottati da sempre, anche se queste buone pratiche non implicano necessariamente anche il *design for re-manufacturing* (DfRem) o il *reprocessing*. Il *design for disassembly* avviene, infatti, durante l'intero processo di form-finding, nella fase di early-stage design, ove si lavora a un iterativo processo sia di affinamento e riduzione delle parti singole, che della forma completa, per resistere di più con meno, per raggiungere così una leggerezza-peso dell'insieme attraverso un affinamento del concept strutturale.

Le regole fondamentali del *design for disassembly* seguite oggi dai progettisti dell'architettura tessile si possono così riassumere:

- progettare il minor numero di parti da installare;
- progettare dispositivi che facilitino la sostituzione di singoli componenti dell'intero sistema costruttivo mediante sistemi di fissaggio reversibili, talvolta anche lasciati a vista;
- progettare il minimo numero di superfici di interfaccia tra le parti;
- progettare insiemi ben riconoscibili di kit pronti da installare e disinstallare con facilità in sito, ovvero: una struttura primaria (legno, acciaio, di rado alluminio), una membrana in unico telo e unico materiale, e un kit di tensionamento (profili in alluminio, cavi in acciaio, corde);
- progettare la membrana tessile come un *unicum* o un ridotto quantitativo di parti pronte da pre-assemblare in fase di manifattura industriale, al fine di ridurre gli sprechi di tessuto e semplificare le operazioni di cucitura e saldatura (fase di cutting pattern e fitting);
- progettare un rigoroso piano di impacchettamento e dispiegamento della membrana tessile finalizzato a ridurre dei giorni di installazione in quota ma soprattutto a evitare l'installazione di gru fisse in opera;
- pianificare l'intero processo dal progetto all'installazione, individuando le responsabilità di un unico operatore, sia per le fasi di progettazione esecutiva, di manifattura industriale, che per l'installazione e la manutenzione durante la vita di servizio dell'opera, e accorpando talvolta anche la figura del general contractor dell'intera opera;
- progettare il libretto dell'opera che viene consegnato all'utente finale, consistente in una serie di raccomandazioni per l'uso della struttura tessile, la dichiarazione della durata del sistema costruttivo, la sua ma-

nutenzione, la riparazione a piè d'opera delle parti, e la sua disinstallazione finale.

Inoltre l'architettura tessile, in quanto leggera, da sempre applica un approccio coerente con il *Design for Reduce* (DfRed) che cerca di “fare di più con meno”, puntando a una riduzione del fattore peso della costruzione, dell'intero sistema edificio, attraverso il suo affinamento strutturale. Ecco quattro buone ragioni per le quali oggi questi principi di DfRed delle costruzioni tessili dovrebbero ispirare anche la progettazione di una gamma più ampia di sistemi di costruzione in massa, o per lo meno di quelli di essi che sono considerati parte dell'edilizia terziaria di breve durata:

1. un sistema costruttivo ottimizzato secondo i principi del DfRed potrebbe essere trasportabile e facilmente maneggiabile senza l'impiego di particolari mezzi meccanici, semplificando e velocizzando di conseguenza anche l'installazione, la disinstallazione a fine vita;
2. un sistema costruttivo ottimizzato secondo i principi del DfRed, in virtù della sua maneggevolezza e leggerezza, potrebbe essere trasformabile lungo la sua durata di servizio; soddisfa le esigenze in continua evoluzione in quanto è il risultato di un pensiero progettuale “error friendly” (Manzini *et al.*, 2012); conseguentemente esso è potenzialmente passibile di altri approcci design for reprocessing e design for remanufacturing (DfRem);
3. un sistema costruttivo con meno materiali incorporati potrebbe essere maggiormente efficiente in termini di maneggevolezza e usabilità; questo principio è bene conosciuto dagli utenti nomadi dell'architettura della tenda e anche sottolineato da Henri Ford, che nella progettazione delle prime automobili promuoveva la minimizzazione del numero delle componenti, affermando che “ciò che non c'è, non si rompe”;
4. un sistema davvero leggero, progettato con un reale riferimento alla scarsità di risorse e con un senso di limitatezza (peso limite, numero dei pezzi limite, numero delle azioni per comporlo e scomporlo) induce il design ad attivare la massima creatività per trovare una soluzione “di necessità” ispirata agli artefatti naturali.

L'approccio alla riduzione di peso dell'architettura tessile è il frutto di un lungo processo di affinamento ed efficientamento dei sistemi costruttivi, che sarebbe auspicabile riguardasse oggi anche l'architettura in generale, non solo tensostrutture e nemmeno solo le costruzioni temporanee. Purtroppo invece l'ottimizzazione del peso dei componenti dell'edi-

ficio è un obiettivo davvero sottovalutato dalla maggior parte dei progettisti, per lo meno nelle fasi iniziali e più creative del percorso progettuale, e talvolta relegato a considerazioni meramente economiche di quantificazione dell'opera. Nel settore tessile applicato all'architettura il peso delle parti e dell'insieme sono una variabile fondamentale del progetto, così come avviene nei settori industriali più evoluti quali i settori aerospaziale, nautico e automobilistico.

Infine, la natura composita della gran parte dei materiali impiegati nell'architettura tessile contemporanea rende necessaria una chiosa sulla inevitabilità di riferirsi anche a un efficace set di principi di *design for recycling*, in attesa che nuovi compositi flessibili a base bio- possano passare dalla fase della ricerca industriale al mercato dei prodotti edilizi. Per le odierne costruzioni leggere e tessili quindi è fondamentale affrontare il progetto in termini di ricerca di eco-efficienza della struttura a membrana (Monticelli e Zanelli, 2016 e 2020) lungo tutte le fasi, valutando:

- l'energia incorporata nei singoli componenti compositi tessili e nell'intero sistema edilizio leggero;
- la riutilizzabilità e/o la riciclabilità di ciascun materiale incorporato nell'insieme costruzione;
- la durata di vita prevista dell'edificio, che è strettamente legata al percorso di gestire i dettagli di connessione per l'installazione, la manutenzione e il definitivo smantellare.

Il tema del fine vita dei prodotti edilizi tessili, pur leggeri e quindi minimi nelle quantità, ma comunque ancora impattanti sull'ambiente a causa della loro natura polimerica e composita, è di grande attualità e importanza, per orientare in chiave sempre più sostenibile il futuro delle costruzioni a membrana. In generale, per tutte le costruzioni, esiste un metodo di analisi multicriteria per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici, ai fini della loro classificazione attraverso l'attribuzione di un punteggio di prestazione. La prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo UNI-ITACA "Sostenibilità ambientale nelle costruzioni" (UNI/PdR 13.0:2019). Il documento si applica sia a edifici di nuova costruzione sia a edifici oggetto di ristrutturazione importante che coinvolgano non la singola unità immobiliare, ma l'intero edificio. Si distingue poi tra edifici residenziali (UNI/PdR 13.1:2019) da quelli non residenziali (UNI/PdR 13.2:2019).

In particolare, si registrano alcuni studi che vanno nella direzione della minimizzazione degli impatti a fine vita dei prodotti tessili per l'architettura (Monticelli *et al.*, 2021). Tali studi sono condotti da gruppi multi-attoriali di produttori, progettisti, installatori e ricercatori che in forma asso-

ciata intendono sottolineare come un buon design e una corretta scelta del concept strutturale e dei materiali tessili associati sin dalle prime fasi può contribuire in modo significativo alla riduzione degli impatti a fine vita.

L'associazione TensiNet vede in questi anni un'intensa attività del gruppo di lavoro *WG Sustainability and Comfort* che vuole porre le basi per uno sviluppo più sostenibile dell'intero comparto produttivo, condividendo metodiche di valutazione basate sull'approccio LCA dei componenti edilizi a membrana e lavorando al progressivo efficientamento e alla riduzione degli impatti ambientali dei sistemi edilizi tessili lungo l'intero ciclo di vita, dalla produzione industriale fino alla loro dismissione (Monticelli *et al.*, 2021). Gli attuali temi oggetto di sviluppo del *WG Sustainability and Comfort* riguardano la definizione e pubblicazione delle *Product Category Rules* per le strutture a membrana (PCR) per facilitare lo sviluppo della Dichiarazione Ambientale di Prodotto (*Environmental Product Declaration*) al fine di:

1. armonizzare e fornire dati e supporto per migliorare la sostenibilità dei materiali delle membrane;
2. facilitare la creazione di EPD raggruppate e individuali e supportare le simulazioni di valutazione del ciclo di vita (LCA) per i progettisti di membrane, in particolare i produttori di polimeri e di membrane composite;
3. fornire e raccogliere informazioni affinché l'industria possa prendere decisioni informate;
4. creare nuove strade per la collaborazione e lo sviluppo e guidare la discussione sulla sostenibilità nel settore delle costruzioni.

È comunque necessario che siano disponibili più dati socioeconomici provenienti dai produttori membri, scenari documentati di fine vita, analisi ambientali delle emissioni a fine vita, possibilità tecniche attuali e future ed EPD dei prodotti per influenzare le decisioni di progettazione in modo qualitativo ed essere pronti a dimostrare con informazioni e dati oggettivi e misurabili gli effetti e i possibili vantaggi degli scenari di chiusura dei cicli di vita.

In conclusione, nel presente paragrafo si è affrontato il tema del *design for re-* applicato ai sistemi costruttivi leggeri e tessili. Sono stati presentati i principi chiave e anche le buone pratiche di minimizzazione e ottimizzazione del materiale che sono alla base di tutti gli approcci circolari di *design for re-*. Tali basi sono da sempre applicate dagli specialisti operanti nel campo delle costruzioni terziarie di breve durata, quali ad esempio le tensostrutture e le tendostrutture per spazi espositivi e fieristici. Si è anche cercato di argomentare come le strategie del *design for re-manufacturing* (DfRem) siano ancora poco applicate in generale, ma appaiano intrinsecamente connaturate a quella nicchia della cosiddetta architettura tessile, per-

ché sufficientemente leggere e maneggevoli da favorire la smontabilità e la riprocessabilità delle parti, e abbastanza longeve e di valore da poter essere considerate fattibili.

3.3 Buone pratiche di *re-manufacturing* nel tessile per l'architettura

Nella prospettiva della circolarità dei tessili per l'architettura, in ogni progetto occorre pensare fin dall'inizio alla produzione, alla fase di utilizzo e al fine vita dei componenti e dei materiali. È infatti ben noto che nelle valutazioni basate sui metodi LCA, quando vengono scelti materiali riutilizzabili e/o riciclabili, le prestazioni ambientali dell'edificio progettato sono migliori rispetto a un altro basato su materiali non riciclabili.

Comunque, va tenuto in grande considerazione che l'aspettativa di vita dei tessuti rivestiti negli ultimi anni è in rapida crescita:

- dai 15 anni delle membrane più diffuse ed economiche in tessuto di poliestere rivestito di PVC;
- ai 20 anni degli stessi trattati con finissaggi speciali in PVDF;
- fino ai 30 anni delle più performanti membrane in fibra di vetro rivestite di PTFE;
- ai 40 anni delle membrane mono-componenti e traspiranti di tessuto in e-PTFE rivestite di PTFE;
- per poi arrivare alle membrane in fogli estrusi di ETFE la cui durata sfiora i 100 anni.

Ciò comporta che il componente chiave di un sistema leggero e tessile – ovvero la membrana tensostrutturale – ha una durata che ne favorisce davvero l'applicazione delle buone pratiche di adattabilità, trasformabilità nel tempo, in quanto è una componente durevole e longeva (>20 anni, secondo la ISO 20887).

Il sistema assemblato, per contro, può essere progettato per una funzionalità e un utilizzo temporaneo (<20 anni), ossia per il quale la norma ISO 20887 ritiene consigliabile applicare il più possibile i criteri di smontabilità e disassemblaggio.

Da tale scenario, si evince con chiarezza la particolare attitudine dell'architettura tessile per l'intero comparto del terziario a funzionalità breve ad essere oggetto del più innovativo approccio del *design for re-manufacturing* (DfRem), dato che il componente principale della membra-

na tipicamente possiede la longevità sufficiente per essere incorporata, con le dovute modifiche, a un nuovo sistema strutturale primario che la accolga per un secondo ciclo di utilizzo.

Nel presente paragrafo si raccolgono alcuni casi-studio di recente realizzazione che documentano che il processo virtuoso del remanufacturing applicato alle membrane tessili per l'architettura è ancora sporadicamente applicato ma quantomeno è stato individuato come un'operazione sostenibile anche economicamente, quando le dimensioni e le peculiarità del progetto lo consentono (caso 01), mentre in altre situazioni la trasportabilità del kit prevale sulla sua adattabilità tanto da rendere il sistema nel suo insieme qualcosa di unico e non rimanufacturabile (caso 02). In altri casi ancora il re-manufacturing è programmatico e riguarda tutte le componenti del progetto, che incorpora diverse parti d'opera riprocessate e rimanifatturate ad hoc per la nuova proposta (caso 03) con quell'atteggiamento creativo del bricoleur. In seguito, si propongono esempi sperimentali in cui il tessile è stato prodotto con una funzionalità tecnica appropriata per un altro ambito applicativo ma risulta caratterizzato da una prestazione elastica e meccanica ancora importante, da favorirne la riproposizione e la rimanifattura in chiave di allestimento architettonico temporaneo (caso 4).

Caso 1. Il re-manufacturing degli edifici tessili longevi

Le membrane in tessile tecnico di maggior longevità – oltre i 30 di durabilità garantita dal produttore – potrebbero essere opportunamente riprogettate, riutilizzate dopo ripulitura, nel caso in cui il sistema edilizio nel suo complesso invece abbia una durata assai più limitata, come spesso avviene nel caso di installazioni stagionali per eventi di varia natura. Ci sarebbe da fare un appunto di metodo al progettista che, in tali casi, dovrebbe consigliare al cliente una scelta più oculata del tipo di tessuto in relazione alla durata dell'intera installazione. In molti casi, il riciclo a fine vita del materiale stesso resta una buona via d'uscita, per bilanciare gli impatti complessivi della costruzione.

I due seguenti esempi di architettura tessile prevedono azioni di recycling della membrana disassemblata e di successivo remanufacturing di alcuni specifici elementi della restante struttura primaria in acciaio e dei sistemi in alluminio di interfaccia tra l'esistente e la rinnovata membrana. Nel caso della copertura della tribuna principale dell'impianto sportivo di Elspe la membrana e le sue integrazioni metalliche hanno avuto un ciclo di vita iniziato nel 1978 e conclusosi nel 2014. La nuova membrana in poliestere/pvc trattato con finissaggi in pvdf è destinata a durare in opera per ulteriori 40 anni. Purtroppo la vecchia membrana ha subito la peggiore delle fini, e ciò dovrà servire da monito per i futuri progettisti. Qui le azioni di

DfRem sono state limitate alle sole interfacce tra ciò che è rimasto e la nuova membrana la cui forma è stata leggermente modificata alla luce delle rinnovate necessità di standard di fruibilità degli spazi per lo sport.

Il secondo caso studio riguarda la sede Vodafone a Newbury, nel Regno Unito: il tetto a membrana pneumatica è stato installato nel 2001 e disassemblato dopo 19 anni, nel 2020. Si tratta di un caso di re-manufacturing come prodotto-servizio perché i componenti di copertura sono stati forniti tramite un processo completo di design-to-construction gestito dalla Vector Foiltec che poi ha anche gestito la rimanifattura dei sistemi di connessione e il re-processing dei fogli di etfe di nuova generazione. Il vecchio materiale è stato riciclato nel medesimo impianto e tramutato in profili rigidi a sezione cava e valvole per impianti elettrici, le cui prestazioni sono compatibili con l'etfe proveniente da processi di riciclo di etfe per l'impiego architettonico.



Fig. 1 - Caso 1A. Tensostruttura a membrana tessile per il grandstand di Elsie, in tessile tecnico di pes/pvc/pvdf (foto: Mehler technology)



Fig. 2 - Caso 1B. Disassemblaggio e riassetaggio del tetto della sede Vodafone in cuscini pneumatici (foto: Vector Foiltec)

Caso 2. Il re-using degli edifici tessili minimi e itineranti



Fig. 3 - Caso 2. Padiglione itinerante gonfiabile in tessuto tenara di e-ptfe rivestito di ptfe, la cui durabilità è garantita per 30 anni. La longevità della membrana e la forma architettonica definita da Kengo Kuma suggeriscono un atteggiamento di riutilizzo nel tempo, piuttosto che la sua rimanifattura, marcando un limite al DfRem (foto: studio form-TL)

Il mini-padiglione itinerante Tea-House è progettato dall'architetto Kengo Kuma allo scopo di condividere la cerimonia del the in un'atmosfera accogliente e circondata da materiali soffici e dagli elementi della natura. L'alto valore aggiunto della membrana giustificherebbe un progetto di DfRem alla fine della sua vita utile. Ma quale sarà davvero la sua vita utile? Vale la pena di ridurre in pezzi un piccolo kit ben progettato per essere trasportato? Forse ogni idea brillante di ottimizzazione di trasporto e di installazione removibile dovrebbe essere consegnata alle generazioni future come esempio di buona pratica progettuale.

Per altro, chi mai oserebbe smembrare le parti di un esemplare unico come il padiglione IBM di Renzo Piano o l'eye-dome di RBF o la Tea house di Kengo Kuma?

Caso 3. Il re-manufacturing programmatico

Hydronaut è stato realizzato nel 2015 dallo studio di architettura Studiobird + Mark Richardson a Melbourne in Australia. Si tratta di una struttura semipermanente e smontabile che funge da presidio per la sicurezza alla base di un edificio esistente, situato a nord-ovest del confine del campus di Caulfield della Monash University. L'edificio semipermanente occupa al piano terra cinque posti auto di un parcheggio pre-esistente e fornisce un vista a 360° dei vari ingressi all'edificio e dell'area aperta circostante. I progettisti si sono confrontati programmaticamente con il tema della longevità dei componenti edilizi in una prospettiva di multi-ciclo di vita, in cui i rifiuti di un ciclo di vita generano materia prima per un altro e così via. Hanno pertanto progettato con lo scopo di contribuire il consumo di materiali, definendo gli ambienti spaziali tramite l'uso flessibile e reversibile di manufatti e componenti edilizi, tra i quali vi sono anche dei componenti in membrana tessile. In modo coerente con questi obiettivi di semi-permanenza del nuovo edificato e di minimizzazione dei rifiuti, il rivestimento delle facciate è stato progettato come un insieme di nove diversi moduli di tensostruttura di tipo tensegrale, realizzate tramite il *re-manufacturing* di vecchi materiali o componenti. Questi sono realizzati a mano con i rifiuti delle protezioni laterali per camion in poliestere/PVC, tesate su telai di tensionamento realizzati con trampolini per esercizi ginnici, acciaio di scarto recuperato da deposito di materiali edili, risalenti a qualche precedente impiego come telaio di serramenti disassemblati. I moduli di facciata sono stati anche ri-progettati secondo i principi del DfD in vista di un futuro e ulteriore smontaggio e riutilizzo. Circa il 70% del progetto incorpora materiali tessili che sono stati ri-manifatturati direttamente dai progettisti e dal team.

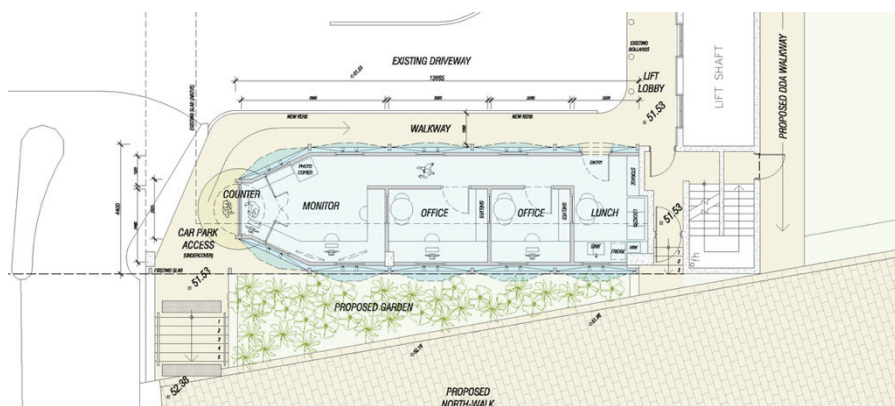


Fig. 4 - Caso 3. Il progetto Hydronaut (2015), Studiobird e Mark Richardson, Melbourne in Australia

Caso 4. Il re-manufacturing che travalica i settori applicativi: dal tessile-moda all'architettura a membrana

In questa categoria si possono annoverare due esempi di buone pratiche che hanno il sapore di architetture manifesto. Si tratta di installazioni temporanee progettate per valorizzare capi moda scartati ma di alto valore prestazionale (i costumi da nuoto da competizione considerati dopanti) o comunque ancora integri e valorizzabili (le t-shirt colorate recuperate dalle campagne di Humana onlus).

Il primo esempio riguarda la creazione di un padiglione per uso terziario tramite l'impiego di costumi da bagno Speedo per il Festival

dell'architettura di Londra. Dopo aver prodotto la linea LZR Raced, Speedo, il produttore dei costumi da bagno, li ha visti rifiutati perché considerati doping tecnologico. Speedo decide di cedere gratuitamente 600 costumi da bagno inutilizzabili a Chelsea College of Art & Design. Il progetto è stato diretto da Cyril Shing, professore di Interior Spatial Design, insieme ai suoi studenti, che sono stati spronati a esplorare come trasformare i costumi da bagno in un padiglione architettonico per il London Festival of Architecture.



Fig. 5 - Caso 4A. Padiglione sperimentale di esercizio di re-manufacturing dei costumi da bagno Speedo, per London Festival of Architecture

Il secondo esempio, il sistema di ombreggiamento denominato “T-Shade”, è stato progettato e installato dagli studenti del corso di Sistemi costruttivi ultra-leggeri del Politecnico di Milano, Scuola di Architettura, nel campus Leonardo nel luglio 2021, assemblando in modo creativo e performante un set di magliette colorate recuperate dagli scarti tessili post-consumo della città di Milano e conferiti nelle campane stradali di



Fig. 6 - Caso 4B. L'installazione sperimentale T-Shade realizzata dagli studenti del corso di Design of Ultra-Lightweight Building System del Politecnico di Milano, in collaborazione con Humana PeoplettoPeople onlus, per sensibilizzare la cittadinanza sul riutilizzo dei tessuti post-consumo

Humana onlus. Si tratta di un artefatto temporaneo dimostrativo della strategia dell'economia circolare che travalica i confini tra settori applicativi e promuove l'impiego delle prestazioni residue di tessili a maglia della moda per un impiego più sfidante nel campo delle tensostrutture a membrana. Gli studenti hanno avuto modo di confrontarsi su come creare una nuova forma a membrana a partire da magliette di forma ed elasticità differenti; hanno inoltre messo in pratica i principi del DfD prevedendo connessioni reversibili tra i pezzi di tessuto riutilizzati. Test meccanici preliminari hanno orientato l'intero processo computazionale di ricerca della forma e di ottimizzazione della nuova membrana T-Shade.

Frei Otto affermava che un'architettura che non è in grado di trasformarsi è destinata a morire, ad essere abbandonata, mentre un sistema costruttivo leggero e maneggevole è destinato a durare e a trasformarsi insieme alle esigenze dei suoi utilizzatori (IL14, 1975). Il DfRem è lo strumento metodologico contemporaneo appropriato per preparare a una nuova cultura della adattabilità nel progetto di architettura; una capacità adattiva e trasformativa che si proietta nel futuro attraverso un ritorno ai valori del risparmio dei materiali e della essenzialità delle azioni, oggi di nuovo promossi dai principi dell'economia circolare. Sarà la volta buona? Ad ogni modo, per concludere, ci si auspica che la maggior parte di queste buone pratiche, che già da molti anni rappresentano le principali linee guida di ogni costruzione tessile, possano essere presto trasferite ad altre tecnologie costruttive, contribuendo dunque a un ampio rinnovamento in chiave sostenibile dell'ambiente costruito.

Bibliografia

- Antonini E., Giurdanella V., Zanelli A. (2010), "Reversible Design: Strategies to Allow Building Deconstruction and a Second Life for Salvaged Materials", in *Main Proceedings of Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Coventry University and The University of Wisconsin Milwaukee, Centre for By-products Utilization, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy, June 28 – June 30, 2010, ISBN: 9781450714907, p. 1207-1217.
- Bergdoll B. (2008), *Home Delivery: Viscidities of a Modernist Dream from Taylorized Serial Production to Digital Customization*, in Christensen P., *Home Delivery. Fabricating the modern Dwelling*, The Museum of Modern Art, New York, pp. 12-26.
- Bock T., Linner T. (2015), *Robot-oriented Design. Design and Management Tools for Deployment of Automation and Robotics in Construction*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Crowther S. (1982), *Autobiografia di Henry Ford* (tr. it. a cura di P. Bairati) Rizzoli, Milano.
- Giurdanella V., Zanelli A. (2010), *Temporary Building Intended as Adaptable and Reversible Building: A Sustainable Strategy for Housing – The Recent Situation in Italy*, in Girmscheid G., Scheublin F., *New Perspective in Industrialization in Construction – A State-of-the-art Report.*, CIB General Secretariat. – Vol. 329, Rotterdam, ISBN: 9783906800172, p. 333-356.
- Giurdanella V., Zanelli A. (2006), “Lightweight, Adaptable and Reversible Construction: Sustainable Strategies for Housing”, in *Adaptables 2006 International Conference on Adaptable Building Structures. Proceedings of the Joint CIB, Tensinet, IASS International Conference on Adaptability in Design and Construction, 3-5 July 2006, Eindhoven University of Technology, Department of Architecture Building and Planning, Eindhoven*, ISBN/ISSN: 90-72152-03-4. Eindhoven University of Technology (Netherlands), vol. 1, pp. 3-189 – 3-193.
- Guazzo G. (2003), *I “molti” modi del pensiero progettuale*, in Bertoldini M. Zanelli A., *Tecnica, progetto e scienze umane*, Libreria Clup p. 25-54, Milano.
- Institute of Lightweight Structures (1975), *Adaptable Architecture*, IL Journal, n. 14, Bruckerei Heinrich Fink, KG, Stuttgart.
- ISO 20887:2020 Sustainability in Buildings and Civil Engineering Works. Design for Disassembly and Adaptability: www.iso.org/standard/69370.html (ultimo accesso, feb.2024).
- Kieran S., Timberlake J. (2008), *Loblolly House. Elements for a New Architecture*, Princeton Architectural Press, New York.
- Lawson B., *How Designers Think. The Design Process Demystified*, Butterworth, Cambridge, 1988.
- Levy P. (1990), *Les technologies de l'intelligence*, La Decouverte, Paris (tr. it. di Berardi Franco, *Le tecnologie dell'intelligenza*, Synergon, Bologna, 1992).
- Manzini E., Googbun J., Till J., Iossifova D. (2012), “Error-friendliness: How to Deal with the Future Scarcest Resource: the Environmental, Social, Economic Security. That is, How to Design Resilient Socio-Technical Systems”, in *Architectural Design*, n. 82 (4), July 2021: DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ad.1429>
- Mazzola C. (2020), *Ultra-lightweight Temporary Architecture. Defining New Minimal Mass and Efficiency-Oriented Design Strategies Through an Experimental Approach*, PhD Thesis in Technology of Architecture, Politecnico di Milano, Architecture, Built Environment and Construction Engineering Department, XXXII cycle; supervisor: Alessandra Zanelli, Final defence: March 2020.
- Mazzola C., Zanelli A., Stimpfle B., Canobbio R. (2021), *Temporactive Pavilion: Second Design-To-Construction Loop of an Ultra-Lightweight Temporary Architecture*, in *Architectural Engineering and Design Management*, 17:3-4, 216-228, DOI: [10.1080/17452007.2020.1769545](https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1769545)
- Monticelli C., Aliprandi S., Giurdanella V., Viscuso S., Zanelli A. (2014), “Rethinking Waste: A Temporary Eco-Structure Built with Second Hand Components”, in L. Vegh, J. Novak, J. Valentin (edited by), *IASS WG18 –*

- Environmentally Compatible Structures and Structural Materials (ECS) – Proceedings of the 10th Jubilee International Correspondence Seminar on ECS*, in Prague, Czech Republic, April, The Czech Technical University in Prague, ISBN 978-80-01-05507-6, pp. 42-58.
- Monticelli C., Zanelli A., Campioli A. (2013), “LCA comparativa di sistemi di rivestimento leggeri per la riqualificazione delle chiusure verticali esterne di edifici”, in S. Scalbi, F. Reale (a cura di), *Atti del VII Convegno della rete Italiana LCA: Life Cycle Assessment e ottimizzazione ambientale: esempi applicativi e sviluppi metodologici*, Politecnico di Milano, 27-28 giugno 2013, ENEA Edizioni, Roma, p. 233-240.
- Monticelli C., Zanelli A. (2015), *Eco-efficiency and Life Cycle Analysis of Structural Membranes in Architecture*, in IASS WORKING GROUPS 12 + 18 International Colloquium 2015 “Bio-based and Bio-inspired Environmentally Compatible Structures”, Tokyo, Japan, April 10-13 2015, ISBN 978-7-302-41443-8, p. 1-9.
- Monticelli C., Zanelli A. (2016), *Life Cycle Design and Efficiency Principles for Membrane Architecture: Towards a New Set of Eco-Design Strategies*, in *Procedia Engineering*, 155, p. 416-425.
- Monticelli C., Zanelli A. (2020), *Material Saving and Building Component Efficiency as Main Eco-Design Principles for Membrane Architecture: Case – Studies of ETFE Enclosures*, *Journal Architectural Engineering And Design Management*, vol. TAEM20, p. 1-17, ISSN: 1752-7589, doi: 10.1080/17452007.2020.1768507
- Monticelli C., Viscuso S., Zanelli A. (2021), *Thinking to Circularity in Temporary Textile Architecture: End of Life and Reuse and Re-Manufacturing Scenarios*, in *Proceedings of Structural Membranes 2021*, online conference, 13-14 Sept. 2021, The International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, CIME, Barcelona, Spain, available at: www.scipedia.com/public/Monticelli_et_al_2021a
- MORIN EDGAR (1999), *Le sept savoir nécessaires à l'éducation du futur*, Publié par l'UNESCO, Paris (tr. it. di Susanna Lazzari, *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Cortina, Milano, 2001).
- Nardi G. (2003), *Le tecniche distratte: incongruenze e contraddizioni del costruire contemporaneo*, in Nardi G., *Percorsi di un pensiero progettuale*, Libreria Clup, Milano, pp. 114-118.
- Perriccioli M. (1995), *Assemblaggio*, in Vitale A. et al., *Argomenti per il costruire contemporaneo*, FrancoAngeli, Milano, pp. 33-56.
- UNI/PdR 13.0:2019 – *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità – Inquadramento generale e principi metodologici*, Prassi di Riferimento, 01 luglio 2019.
- UNI/PdR 13.1:2019 – *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Edifici residenziali*, Prassi di Riferimento, 01 luglio 2019.
- UNI/PdR 13.2:2019 – *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni – Edifici non residenziali*, Prassi di Riferimento, 01 luglio 2019.

- UNI EN 15804:2021 – *Sostenibilità delle costruzioni – Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole quadro di sviluppo per categoria di prodotto.*
- UNI EN 17472:2022 – *Sostenibilità delle costruzioni – Valutazione della sostenibilità delle opere di ingegneria civile – Metodi di calcolo.*
- Viscuso S. (2020), *La progettazione agile dell'architettura. Riflessioni per un Nuovo codice tecnologico per progettare e costruire*, Lettera Ventidue, Collana Allei /Reseach, Siracusa.
- Viscuso S. (2021), “Coding the circularity. Programmare il disassemblaggio e il riutilizzo dei componenti edili”, *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, n. 22, p. 271-278. DOI: 10.36253/techne-10620.
- Vitale A. et al. (1995), *Argomenti per il costruire contemporaneo*, FrancoAngeli, Milano.
- Zanelli A., Monticelli C. and Viscuso S. (2020), *Closing the loop in Textile Architecture: Innovative Strategies and Limits of Introducing Biopolymers in Membrane Structure*, in Della Torre et al. (eds), *Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective*, ISBN: 978-3-030-33256-3, Springer, p. 263-276.
- Zanelli A. (2023), “On the Way to New Species of Lightweight Energy-Conscious Membrane Architecture”, in Zanelli A., Monticelli C., Jakica N., Fan Z. (Editors). *Lightweight Energy. Membrane Architecture Exploiting Natural Renewable Resources*, Springer Nature, pp. 254-258. <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-08154-5>
- Zanelli A., Giurdanella V., Superbi G., Viscuso S. (2010), *Assemblage: la libertà costruttiva. Il progetto d'abitazione mediante elementi industriali e kit personalizzabili*. Il Sole 24 Ore, Milano, ISBN: 9788832476590, p. 1-380.

4. *Scenari di circolarità e nuovi modelli di relazione*

di *Marika Arena**, *Carlo Vezzoli***

4.1 L'approccio del Life Cycle Design (LCD)

di *Carlo Vezzoli*

4.1.1 Life Cycle Design (LCD) e design per il re-manufacturing

Nell'ambito della sostenibilità ambientale e dell'economia circolare, considerando il ruolo del design, ci riferiamo all'approccio del Life Cycle Design (LCD) di prodotto, più comunemente noto come Ecodesign.

Per Life Cycle Design di prodotto intendiamo la progettazione di un prodotto che, tenendo conto di tutti i requisiti, mira a minimizzare l'impatto ambientale di tutte le fasi del ciclo di vita in relazione alla propria unità funzionale (Vezzoli, 2018). Le fasi del ciclo sono generalmente definite come pre-produzione, produzione, distribuzione, uso e dismissione, e l'unità funzionale è definita (ISO, 2020) come una "prestazione quantificata di un sistema prodotto da usare come unità di riferimento in una valutazione di impatto ambientale del ciclo di vita" e di conseguenza viene identificato come il secondo approccio fondamentale del LCD. Infine, alcune strategie progettuali di LCD sono definite e possono essere ricondotte alle seguenti (Vezzoli, 2018): 1) minimizzare il consumo di materiali; 2) minimizzare il consumo di energia; 3) ottimizzare la rinnovabilità e la biocompatibilità delle risorse; 4) minimizzare la tossicità e la nocività delle risorse; 5) ottimizzare (estendere o intensificare) la vita del prodotto; 6) estendere la vita dei materiali (riciclo, recupero energetico o compostaggio); 7) progettazione per il disassemblaggio.

In questo quadro il re-manufacturing e il riuso sono inquadrati nella strategia più ampia dell'estensione della durata di vita del prodotto, che in-

* Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG), Politecnico di Milano.

** Dipartimento di Design, Politecnico di Milano.

clude, insieme al design per il re-manufacturing, il riuso e la riparazione, anche il design per la manutenzione, l'aggiornamento e l'adattamento.

Anche se le proprietà dei prodotti rifabbricabili hanno iniziato a essere osservate negli anni Ottanta, l'idea di progettare i prodotti in modo da facilitarne il re-manufacturing è emersa più tardi, grazie alla comprensione dell'importanza delle prime fasi di progettazione in relazione a una ottimizzazione a monte dei medesimi processi di re-manufacturing (Yang *et al.*, 2015; Hatcher *et al.*, 2011; Ijomah *et al.*, 2007; Manzini e Vezzoli, 1998; Keoleian e Menterey, 1993). Ciò ha aperto una progressiva crescita di contributi di ricerca specificamente incentrati sul Design for Re-manufacturing (DfRem), ovvero su come integrare nello sviluppo del prodotto i requisiti che avrebbero potuto facilitare il re-manufacturing (Yang *et al.*, 2015; Vezzoli, 2018). Successivamente, strumenti e metodi di progettazione sono stati esplorati dagli studiosi, da quelli qualitativi a quelli quantitativi, in diverse fasi dello sviluppo del prodotto – concept design, design di prodotto, ingegnerizzazione – ma con scarse ricadute nelle pratiche progettuali e produttive (Hatcher *et al.*, 2011). Più recentemente, con l'imporsi del paradigma dell'Economia Circolare, la comunità di ricerca ha ripreso con più slancio il design per il re-manufacturing, il riuso e in generale l'estensione della durata di vita dei prodotti, come risorsa strategica per promuovere prodotti alternativi e ambientalmente più sostenibili.

Di seguito, sono presentati gli approcci progettuali e le linee guida per il re-manufacturing, il riuso e in generale l'estensione della durata di vita, con riferimento ai componenti architettonici di breve durata nel settore terziario.

4.1.2 Linee guida di design per il re-manufacturing per componenti architettonici nel settore terziario

Questo paragrafo è focalizzato sul design per il re-manufacturing (DfRem), presentando una serie di linee guida che possono facilitare i processi di re-manufacturing dei prodotti verso soluzioni più circolari e ambientalmente sostenibili, con particolare attenzione al settore terziario.

Il concetto di linee guida di progettazione per facilitare il re-manufacturing è intrinsecamente legato all'evoluzione dello stesso design for re-manufacturing (DfRem) e in particolare alla fine degli anni Ottanta, quando si è iniziato a osservare e riconoscere l'importanza delle prime fasi di progettazione per la prevenzione degli ostacoli durante i processi di re-manufacturing (Hatcher *et al.*, 2011; Ijomah *et al.*, 2007; Keoleian e Menterey, 1993; Manzini e Vezzoli, 1998; Yang *et al.*, 2015). In effetti, gli interessi

della ricerca hanno iniziato a concentrarsi su come intervenire nelle prime fasi del processo di sviluppo del prodotto per soddisfare in anticipo i requisiti di re-manufacturing, ovvero adottando strumenti di DfRem come linee guida (Vezzoli, 2018; Yang *et al.*, 2015).

Nel seguito sono ripercorsi alcuni approcci peculiari adottati nel corso degli anni per lo sviluppo di linee guida per la DfRem di prodotto, al fine di delineare il quadro di riferimento alla base delle linee guida presentate nella sezione successiva.

I primi contributi in questo senso si sono concentrati principalmente sul confronto tra i progetti proposti e gli attuali processi standard di rilavorazione, al fine di sviluppare metriche e strumenti per migliorare la facilità di rilavorazione (Ijomah *et al.*, 2007). Questo include un approccio specifico per la DfRem insieme ad altri approcci allineati e complementari per la rilavorazione, come più in generale per la progettazione per l'estensione della durata di vita del prodotto. È il caso della matrice RemPro di Amezcuita *et al.* (1995), in cui alcune proprietà selezionate del prodotto (ad esempio, facilità di identificazione, facilità di accesso, facilità di separazione) sono incrociate con le fasi di rilavorazione (ad esempio, ispezione, pulizia, disassemblaggio). Un approccio leggermente diverso è stato adottato nello strumento RePro 2 (Gehin *et al.*, 2008), in cui si suppone che i progetti proposti vengano confrontati con i «profili dei prodotti rifabbricabili», al fine di individuare e migliorare le caratteristiche prefissate per facilitare il re-manufacturing.

Altri sforzi di ricerca hanno cercato di riunire la letteratura sul DfRem e alcune buone pratiche dell'industria, al fine di sviluppare linee guida sempre più rilevanti per le pratiche di re-manufacturing. È il caso di Prendeville (Prendeville *et al.*, 2016), che ha condotto una revisione della letteratura sulle linee guida generali esistenti in materia di DfRem, identificando quattro aree principali di progettazione per facilitare la rilavorazione ed effettuando successivamente un confronto dettagliato con le caratteristiche di progettazione di dodici buone pratiche in diversi settori industriali. I risultati hanno evidenziato un'applicazione ancora molto limitata delle linee guida DfRem nell'industria, soprattutto perché il potenziale di progettazione nelle prime fasi dello sviluppo del prodotto viene trascurato da molti punti di vista (ad esempio marketing, innovazione, ingegneria).

Più di recente, è aumentata anche l'attenzione della ricerca su contesti specifici di DfRem: uno studio (Shahbazi *et al.*, 2021) per esempio si è concentrato sull'uso potenziale delle tecnologie di automazione per migliorare il re-manufacturing e su come progettare i prodotti per facilitare il processo. Attraverso uno studio empirico basato su un caso di studio, gli autori hanno messo insieme non solo le intuizioni derivanti dalle prove di progettazione dei prodotti, ma anche il contesto specifico dell'automazione,

al fine di facilitarne l'implementazione attraverso specifiche linee guida di progettazione per migliorare il re-manufacturing.

Nel quadro delineato, un contributo attivo è venuto anche dal LeNSlab Polimi, un team di ricerca con sede al Politecnico di Milano che da quasi trent'anni svolge attività di ricerca, consulenza e formazione sul Design e l'Innovazione di Sistema per la Sostenibilità (DIS) in molteplici progetti di ricerca internazionali, come parte della rete LeNS, the Learning Network on Sustainability.

Nel corso degli anni, il gruppo ha contribuito attivamente alla definizione di linee guida di Life Cycle Design (LCD) per facilitare il re-manufacturing o in generale l'estensione della durata di vita dei prodotti – ad esempio linee guida di progettazione che facilitano l'aggiornamento e l'adattabilità, la manutenzione, la riparazione e il disassemblaggio (Vezzoli, 2018). Le linee guida – così come gli strumenti che le contengono – sono state in gran parte delineate e perfezionate attraverso diversi progetti di consulenza aziendale sul Life Cycle Design, con risultati che sono stati integrati anche nei processi di sviluppo dei prodotti delle aziende, ad esempio in un manuale delle linee guida specifiche di LCD per una impresa o un tipo di prodotto di una impresa. Ciò è dovuto anche a una metodologia ben strutturata e testata in diverse consulenze con aziende [ad esempio NECTA Vending Solutions, Kone (ascensori), Bonaveri; DeLonghi group], che sono state successivamente formalizzate e migliorate nel corso degli anni per elaborare linee guida LCD specifiche per prodotto, più efficaci nella pratica aziendale rispetto a quelle generali (Vezzoli e Sciamia, 2006).

A valle di questa panoramica sulle attività svolte negli anni, il prossimo paragrafo introduce una serie di linee guida di progettazione per facilitare il re-manufacturing dei prodotti, selezionate come promettenti per i prodotti dell'architettura terziaria.

4.1.3 Verso linee guida di progettazione specifiche per il re-manufacturing: una selezione per i componenti architettonici di breve durata nel settore terziario

Questa sezione presenta una serie di linee guida di progettazione per il re-manufacturing e, con uno sguardo più ampio che abbraccia anche altre sotto-strategie per l'estensione della durata di vita (Vezzoli, 2018). Questo nella misura in cui potrebbero essere estesi (così come sono o con adattamenti) a componenti architettonici di breve durata nel settore terziario.

La selezione delle linee guida è stata condotta insieme alle attività e agli apprendimenti del progetto Re-NetTA, che ha permesso di raccoglie-

re diversi input da più fonti. Tra gli altri, spunti rilevanti sono venuti da: una desk research sulle migliori pratiche internazionali in termini di modelli aziendali e organizzativi basati sul design per l'estensione della durata di vita dei prodotti; interviste a professionisti di diverse aree del settore dell'architettura terziaria – mostre, uffici, vendita al dettaglio; una serie di tavole rotonde con stakeholder e operatori del settore. Qui di seguito vengono introdotte ed elencate le linee guida.

Linee guida di progettazione per il re-manufacturing

Il primo gruppo di linee guida progettuali selezionate raccoglie quelle che mirano specificamente a facilitare i processi di re-manufacturing, il che significa progettare in modo da agevolare la raccolta dei prodotti usati e renderli adatti allo stoccaggio, dal momento che saranno reintrodotti in un nuovo processo industriale. In questo senso, gli interventi di progettazione relativi alla facilità di disassemblaggio sarebbero appropriati e sono presentati come ultimo gruppo di questa sezione. Le linee guida sono:

- progettare e facilitare la rimozione e la sostituzione dei componenti facilmente danneggiabili;
- progettare parti strutturali che possano essere facilmente separate da quelle esterne/visibili;
- fornire un accesso più facile ai componenti da rifabbricare;
- calcolare parametri di tolleranza accurati per connessioni e componenti facilmente danneggiabili;
- progettare in sovrabbondanza di materiale per superfici facilmente deteriorabili, per permettere la rilavorazione.

Come anticipato, l'insieme contiene anche altre linee guida per l'estensione della durata di vita dei prodotti, poiché potrebbero essere potenzialmente collegate al re-manufacturing. È il caso delle linee guida di progettazione che facilitano il riuso, l'aggiornamento e l'adattabilità, la manutenzione, la riparazione e il disassemblaggio. Queste sono descritte nel seguito.

Linee guida di progettazione per il riuso

Progettare per il riuso di un prodotto significa preservarne le condizioni e facilitarne la transizione verso un secondo utilizzatore finale, includendo tutte le operazioni di manutenzione e riparazione per assicurarne l'integrità. Le linee guida sono:

- aumentare la resistenza dei componenti facilmente danneggiabili;
- organizzare e facilitare l'accesso e la rimozione dei componenti recuperabili;

- progettare componenti modulari e sostituibili;
- progettare componenti secondo gli standard;
- progettare parti ausiliarie riusabili.

Linee guida per facilitare l'aggiornamento e l'adattabilità dei prodotti

La facilità di aggiornamento o di adattamento dei prodotti è particolarmente importante in termini di Life Cycle Design, perché consente di prolungarne la durata anche in caso di condizioni mutevoli (tecnologiche, culturali, geografiche, ecc.). In particolare, parlando di upgrade eco-efficiente ci si riferisce a interventi in cui una parte significativa dei prodotti rimane inalterata. Diversamente, progettare per l'adattamento significa rendere i prodotti idonei a essere continuamente usati in relazione ad ambienti che cambiano. Le linee guida sono:

- consentire e facilitare l'aggiornamento del software;
- consentire e facilitare l'aggiornamento dell'hardware;
- progettare prodotti modulari e configurati dinamicamente per facilitarne l'adattabilità ad ambienti mutevoli;
- progettare prodotti multifunzionali e configurati dinamicamente per facilitarne l'adattabilità al cambiamento del background culturale e fisico degli individui;
- progettare prodotti aggiornabili e adattabili in loco;
- progettare strumenti e documentazione complementari per l'aggiornamento e l'adattamento dei prodotti.

Linee guida di progettazione per facilitare la manutenzione

Progettare per facilitare la manutenzione permette di evitare i costi e gli impatti ambientali legati alla riparazione o alla sostituzione del prodotto (che causano uno smaltimento prematuro). In effetti, le operazioni di manutenzione sono spesso cruciali per assicurare la corretta durata dei prodotti (ad esempio, protezione adeguata, pulizia, ecc.):

- semplificare l'accesso e lo smontaggio dei componenti da mantenere;
- evitare fessure e fori stretti per facilitare l'accesso alla pulizia;
- predisporre e facilitare la sostituzione dei componenti a vita breve;
- predisporre l'utilizzo di apparecchiature facilmente reperibili;
- dotare i prodotti di sistemi di diagnostica e/o di diagnostica automatica per i componenti soggetti a manutenzione;
- progettare prodotti per una facile manutenzione in loco;
- progettare strumenti di manutenzione e documentazione complementari;
- progettare prodotti che necessitano di minore manutenzione.

Linee guida di progettazione per facilitare la riparazione

Il valore di un prodotto può essere recuperato attraverso operazioni di riparazione dopo un danno. Progettare per facilitare questo processo significa ridurre il più possibile la complessità e i costi degli interventi necessari. Le linee guida in questo senso sono:

- organizzare e facilitare lo smontaggio e il riattacco dei componenti facilmente danneggiabili;
- progettare i componenti secondo gli standard;
- dotare i prodotti di un sistema di diagnostica automatica dei danni;
- progettare prodotti per una riparazione facilitata in loco;
- progettare strumenti di riparazione, materiali e documentazione complementari.

Come anticipato, qui di seguito viene descritta anche una selezione delle linee guida per il Design for Disassembly (DfD), in quanto utili a rendere più facile e conveniente la separazione di parti o materiali. Infatti, la facilitazione della separazione delle parti rende più semplice il re-manufacturing, il riuso, la manutenzione, la riparazione, l'aggiornamento e l'adattamento dei prodotti.

Linee guida per facilitare il disassemblaggio

Le linee guida per facilitare il disassemblaggio sono raggruppate in relazione a: 1) Architettura complessiva; 2) Forma dei componenti e delle parti (in caso di smontaggio automatizzato); 3) Forma e accessibilità dei sistemi di giunzione; 4) Sistemi di giunzione reversibili.

Architettura complessiva:

- dare priorità allo smontaggio dei componenti più facilmente danneggiabili;
- privilegiare lo smontaggio delle parti più soggette a obsolescenza tecnologica e/o estetica;
- impegnarsi in strutture modulari;
- suddividere il prodotto in sottoinsiemi facilmente separabili e manipolabili;
- ridurre al minimo le connessioni gerarchicamente dipendenti tra i componenti;
- ridurre al minimo le diverse direzioni nel percorso di disassemblaggio dei componenti (e dei materiali);
- aumentare la linearità del percorso di disassemblaggio;
- utilizzare un sistema di disassemblaggio a sandwich con elementi di giunzione centrali.

Forma dei componenti e delle parti (in caso di smontaggio automatizzato):

- evitare componenti difficili da maneggiare;
- evitare componenti asimmetrici, a meno che non sia necessario;
- progettare le superfici di appoggio e gli elementi di presa in conformità alle norme;
- disporre le superfici di appoggio intorno al baricentro del prodotto;
- progettare per un facile centraggio sulla base del componente.

Forma e accessibilità dei sistemi di giunzione:

- evitare sistemi di giunzione che richiedano interventi simultanei (su più di un giunto) per l'apertura;
- ridurre al minimo il numero complessivo di elementi di fissaggio;
- ridurre al minimo il numero complessivo di diversi tipi di elementi di fissaggio (che richiedono strumenti diversi);
- evitare elementi di fissaggio difficili da maneggiare;
- progettare un'apertura accessibile e riconoscibile per lo smontaggio;
- progettare punti di smontaggio accessibili e controllabili.

Sistemi di giunzione reversibili:

- usare una giunzione a scatto bidirezionale;
- usare giunti che si aprono senza attrezzi;
- usare giunti che si aprono con utensili comuni;
- usare giunti che si aprono con utensili speciali, quando l'apertura potrebbe essere pericolosa;
- progettare giunti realizzati con materiali che diventano reversibili solo in determinate condizioni;
- usare viti con testa esagonale;
- preferire dadi e clip rimovibili alle viti autofilettanti;
- usare viti autofilettanti per polimeri per evitare l'uso di inserti metallici.

4.1.4 Linee guida ed esempi per facilitare il Design for Re-manufacturing nel settore dell'architettura terziaria

Per approfondire la connessione tra le linee guida presentate e la pratica del re-manufacturing nel settore dell'architettura terziaria, la sessione successiva approfondisce alcuni casi, in grado di esemplificare e chiarire il significato di alcune linee guida rilevanti.

Mobili Gispen

Un primo esempio (Gispen, 2022; LeNSlab Polimi, 2024) per comprendere meglio le linee guida nella pratica è rappresentato da alcune collezioni di prodotti progettati e offerti da Gispen, una azienda olandese che produce mobili e prodotti per l'arredamento per diversi tipi di ambienti (ad esempio, istruzione, sanità, ufficio). Osservando la collezione di sedie dell'azienda, si nota che il design si basa su un 75% di componenti standard che sono universali per altri ambienti. Ad esempio, lo schienale di una sedia può diventare anche lo schienale di uno sgabello da bar. In altre parole, la modularità dei componenti e la loro facilità di sostituzione contribuiscono ad allungare la vita del prodotto e potrebbero essere utili anche per il re-manufacturing, in quanto facilitano la sostituzione dei pezzi per le operazioni di rilavorazione necessarie. Lo schienale può essere sostituito o scambiato in loco da una sola persona in dieci minuti, senza causare alcun danno, grazie a un'unica vite di collegamento. Inoltre, si evitano miscele di materiali e la struttura in acciaio è separabile dalle parti in legno e schiuma, nonché dal rivestimento in tessuto. Gispen adotta lo stesso approccio anche per gli arredi per le sale conferenze, anch'essi progettati per essere modulari e costantemente riorganizzabili. La principale linea guida DfRem applicata nell'esempio è la progettazione di componenti modulari e sostituibili, che in realtà è una linea guida complementare che potrebbe essere utile per molti processi diversi per estendere la durata di vita del prodotto, ad esempio il riuso, l'aggiornamento, l'adattamento e in alcuni casi anche la manutenzione e la riparazione. Ciò è coerente con il riscontro ricevuto dall'industria, dal momento che la modularità è risultata essere uno dei concetti più applicati nel settore e un approccio progettuale auspicabile per gli altri attori e gli operatori intervistati nell'ambito del progetto Re-NetTA. È implicito che l'esempio presentato potrebbe essere collegato anche ad altre linee guida tra quelle presentate, ad esempio progettare prodotti modulari e configurati dinamicamente per facilitarne l'adattabilità ad ambienti mutevoli; progettare componenti secondo gli standard, ecc.

Municipio di Brummen

Il secondo caso selezionato (RAU Architects, 2013) per esemplificare alcune linee guida presentate è il Municipio di Brummen, progettato da RAU Architects e Turntoo. A causa delle preoccupazioni legate ai frequenti spostamenti dei confini comunali, il comune di Brummen ha commissionato un edificio con una vita utile di 20 anni. Pertanto, l'approccio progettuale applicato dai fornitori è stato quello di poter recuperare tutti i prodotti dell'edificio dopo lo smontaggio. In questo senso, ad esempio, l'uso del calcestruzzo è stato ridotto al minimo a favore di componenti pre-

fabbricati in legno, e diversi tipi di giunti reversibili permettono di raccogliere e riusare il 90% dell'edificio. Inoltre, i dati di ogni componente sono stati identificati e registrati, per consentire ai produttori di pianificare la loro destinazione dopo lo smontaggio e organizzare di conseguenza anche la logistica.

In questo caso, la principale linea guida progettuale a cui fa riferimento l'esempio è quella del Design for Disassembly, che si concentra in particolare sulla riduzione al minimo e sulla facilitazione delle operazioni di smontaggio e separazione. Infatti, come anticipato, il processo di smontaggio è cruciale per consentire un corretto re-manufacturing, poiché incide profondamente sui processi logistici e sui costi. Come è stato osservato dal coinvolgimento diretto degli attori del sistema, questo aspetto è particolarmente importante per gli allestitori, che svolgono un ruolo specifico nella fase di smontaggio, e chiarisce quanto il loro coinvolgimento nella fase di progettazione sia rilevante per attivare il re-manufacturing. Le linee guida secondarie applicate nell'esempio sono la progettazione di componenti modulari e sostituibili e l'uso di sistemi di giunzione reversibili (in generale).

Piastrelle di moquette Desso-Tarkett

Il terzo esempio (Tarkett, 2015) proviene dalla Desso Commercial Carpets by Tarkett, che è un'azienda di moquette e quadrotte che lavora per clienti commerciali di diversi settori. Tra le sue soluzioni, fornisce il Carpet Leasing Service, che si basa sulla trasformazione delle quadrotte di moquette in un servizio: Desso mantiene la proprietà dei prodotti e provvede all'installazione, alla pulizia, alla manutenzione ed eventualmente alla rimozione. Inoltre, dopo un contratto standard di 7 anni, Desso fornisce una nuova moquette e quella vecchia viene riciclata e reintegrata in un nuovo ciclo di vita.

La scelta progettuale chiave che consente a Desso di prolungare la durata complessiva della pavimentazione è un progetto orientato alla manutenzione e alla riparazione, basato sull'uso di quadrotte.

A differenza dei rotoli, le quadrotte sono progettate per essere modulari e facilmente rimovibili, poiché ognuna è incollata tramite nastro adesivo e può essere rimossa singolarmente. Questo permette di intervenire in modo specifico in caso di danni, evitando il rifacimento completo della pavimentazione. Inoltre, poiché Desso non vende le quadrotte, l'azienda fornisce servizi di manutenzione e sostituzione, che contribuiscono ad estendere la vita dei prodotti.

In quest'ultimo esempio, la principale linea guida progettuale rappresentata è quella di predisporre e facilitare lo smontaggio e il reinseri-

mento dei componenti facilmente danneggiabili. Infatti, sebbene la facilità di smontaggio sia una caratteristica cruciale del prodotto, può essere identificata come peculiare per le sue implicazioni in termini di manutenzione e riparazione, che sono state presentate come complementari al re-manufacturing.

Come si evince anche dai riscontri degli attori del sistema, l'esempio mostra che la progettazione di un prodotto eco-efficiente potrebbe consentire anche un cambiamento nel modello di offerta, in cui è proprio l'interesse economico a spingere verso il perseguimento di benefici ambientali. Quest'ultimo argomento è trattato in dettaglio nel capitolo 4.2, dove introduciamo i cosiddetti Sistemi di Prodotto-Servizio Sostenibili.

4.1.5 Barriere e opportunità per il Life Cycle Design e per la progettazione per il re-manufacturing

La progettazione del ciclo di vita dei prodotti e, in particolare, la progettazione per l'estensione della durata di vita risente ancora di alcune barriere legate ai tradizionali modelli di domanda e offerta di prodotti, in cui i profitti economici si basano, tra l'altro, sulla quantità di prodotti venduti; ovvero la durata dei prodotti riduce potenzialmente il numero di prodotti venduti, quindi anche i ricavi economici.

Di conseguenza, l'estensione della durata dei prodotti – quindi anche il re-manufacturing e il riuso – potrebbe essere controproducente per i produttori, da un punto di vista economico. A partire da queste considerazioni, è significativo introdurre i modelli di business conosciuti come Sistemi di Prodotto-Servizio Sostenibili (S.PSS), che coniugano l'interesse economico del fornitore/produttore con i benefici ambientali.

In altre parole, gli S.PSS sono stati studiati e riconosciuti come opportunità per creare le condizioni per un approccio economicamente favorevole all'introduzione del Life Cycle Design (LCD) del prodotto e delle sue strategie. In particolare, sono stati identificati specifici benefici win-win legati a questi modelli dell'offerta che spingono il produttore/fornitore ad adottare per un interesse economico le strategie LCD, tra cui la progettazione per l'estensione della durata di vita del prodotto, quindi anche la progettazione per il re-manufacturing e il riuso. Questi Modelli dell'offerta sono così definiti come segue (Vezzoli *et al.*, 2021).

I Sistemi di Prodotto-Servizio Sostenibile (S.PSS) sono modelli dell'offerta che forniscono un mix integrato di prodotti e servizi in grado di soddisfare una particolare domanda del cliente (di fornire una «unità di soddisfazione»), basato su innovative interazioni tra gli attori del sistema

di produzione del valore (“sistema di soddisfazione”), in cui la proprietà del/i prodotto/i e/o i costi/responsabilità dei servizi sul ciclo di vita rimane in capo al/i fornitore/i, in modo tale che sia lo stesso fornitore/i, per interesse economico, a ricercare nuove soluzioni vantaggiose dal punto di vista ambientale.

I prossimi due capitoli descriveranno questi promettenti modelli dell’offerta.

4.2 Sustainable Product-Service Systems (S.PSS) e modelli di business

di *Marika Arena, Carlo Vezzoli*

In una prospettiva circolare è essenziale stabilire un certo livello di disaccoppiamento tra il beneficio economico e l’impatto ambientale collegato alla produzione e al consumo del bene o servizio. Pertanto una visione circolare mette necessariamente in discussione le dinamiche che governano gli attuali sistemi di produzione e consumo, considerati nel modello economico attuale come flussi lineari di input e output, e per natura non compatibili con un approccio orientato alla circolarità.

A questo proposito, i Sistemi di Prodotti-Servizi Sostenibili (S.PSS) sono stati studiati dalla fine della fine degli anni Novanta come promettenti modelli organizzativi e di offerta che accoppiano benefici ambientali ed economici. Nello specifico, gli S.PSS sono definiti come segue (Vezzoli *et al.*, 2021).

Il Sistema di Prodotto-Servizio Sostenibile (S.PSS) è un modello di offerta che fornisce un mix integrato di prodotti e servizi che insieme sono in grado di soddisfare una specifica domanda del cliente/utente (ovvero una “unità di soddisfazione”), basato su interazioni innovative tra gli stakeholder del sistema di produzione del valore (sistema di soddisfazione), in cui la proprietà del/i prodotto/i e/o i costi/responsabilità dei servizi del ciclo di vita rimangono a carico del/i fornitore/i, in modo che lo stesso fornitore cerchi continuamente nuove soluzioni vantaggiose dal punto di vista ambientale e/o socio-etico, con benefici economici.

In relazione alla definizione di S.PSS, si possono delineare tre caratteristiche principali del modello:

- dalla vendita del prodotto alla fornitura di una “unità di soddisfazione”. Il modello S.PSS sposta il focus economico dalla sola vendita di prodotti all’offerta della cosiddetta “unità di soddisfazione”, ovvero una

- combinazione di beni e servizi in grado di soddisfare congiuntamente il bisogno dell'utente finale;
- innovazione che integra il livello di interazione degli stakeholder. Il modello S.PSS affronta dapprima l'innovazione a livello di interazione con gli stakeholder, e solo secondariamente dal punto di vista tecnologico. In questo senso, possono essere applicate diverse configurazioni innovative degli stakeholder: a) un'offerta di prodotto combinata con servizi all-inclusive lungo tutto il suo ciclo di vita; b) un'offerta come piattaforma abilitante in cui i clienti non possiedono ma accedono al prodotto; c) un'offerta in cui il cliente usufruisce del risultato finale generato dal prodotto, senza averne la proprietà;
 - dalla proprietà all'accesso. Il modello S.PSS sposta il valore percepito dal cliente dalla proprietà individuale all'accesso a beni e servizi.

Le caratteristiche degli S.PSS sono inoltre allineate con uno degli approcci promossi dall'Unione Europea nell'ambito del Circular Economy Action Plan (2020) basato sulla promozione del “product-as-a-service o di altri modelli in cui il produttore mantiene la proprietà del prodotto o la responsabilità delle sue prestazioni durante tutto il ciclo di vita del bene” (Commissione Europea, 2020).

I principali approcci S.PSS all'innovazione di sistema sono tre, e sono stati studiati, adattati e riconosciuti come promettenti in termini di eco-efficienza. Questo include l'estensione della vita utile del prodotto, e in particolare il re-manufacturing e il riuso (Hockerts e Weaver, 2002; Tukker, 2004; Vezzoli *et al.*, 2017).

- a) Product-oriented S.PSS;
- b) Use-oriented S.PSS;
- c) Result-oriented S.PSS.

Product-oriented S.PSS (tipo I): aggiungere valore al ciclo di vita del prodotto

In sintesi, un'innovazione product-oriented S.PSS che aggiunge valore al ciclo di vita del prodotto è definita come segue (Vezzoli *et al.*, 2021):

un'azienda/organizzazione (o alleanza di aziende/organizzazioni) che fornisce servizi all-inclusive durante il ciclo di vita – manutenzione, riparazione, aggiornamento, sostituzione, re-manufacturing e ritiro del prodotto – per garantire le prestazioni durante il ciclo di vita del prodotto/semilavorato (che viene venduto al cliente/utente).

Un contratto di questo tipo include ad esempio servizi di manutenzione, riparazione, aggiornamento, sostituzione, re-manufacturing e ritiro del

prodotto, tutto incluso per un determinato periodo di tempo. La responsabilità del cliente/utente è ridotta all'uso e/o allo smaltimento del prodotto/semilavorato (di proprietà del cliente), poiché il pagamento include sia il prodotto che i servizi durante il ciclo di vita. L'interazione innovativa tra l'azienda/organizzazione e il cliente/utente guida l'interesse economico dell'azienda/organizzazione alla continua ricerca di nuove soluzioni vantaggiose per l'ambiente, ovvero l'interesse economico è scollegato dalla vendita di una quantità maggiore di prodotti e quindi anche da un interesse economico a un breve vita utile (obsolescenza programmata).

User-oriented S.PSS: offerta di piattaforme abilitanti per i clienti (tipo II)

In sintesi, l'innovazione introdotta dallo use-oriented S.PSS, che offre una piattaforma abilitante ai clienti, è definita come segue (Vezzoli *et al.*, 2021):

- un'azienda/organizzazione (o alleanza di aziende/organizzazioni) che fornisce l'accesso a prodotti, strumenti e opportunità consentendo al cliente di ottenere la propria "soddisfazione". Il cliente/utente non è proprietario del/i prodotto/i ma lo/li gestisce per ottenere una specifica "soddisfazione" (e paga solo per l'uso che fa del/i prodotto/i).

A seconda dell'accordo contrattuale, il cliente/utente potrebbe avere il diritto di detenere il/i prodotto/i per un determinato periodo di tempo (facendone un uso continuativo) o solo per un singolo uso. Le strutture commerciali per la fornitura di tali servizi includono il leasing, il pooling, lo sharing di determinati beni per un uso specifico. Di conseguenza il cliente/utente non possiede i prodotti, ma li usa per ottenere una specifica soddisfazione finale (il cliente paga per l'utilizzo che fa del prodotto). Anche in questo caso, l'interazione innovativa tra azienda/organizzazione e cliente/utente spinge l'azienda/organizzazione a cercare continuamente nuove soluzioni vantaggiose sia a livello ambientale che economico, ad esempio per progettare prodotti altamente efficienti, duraturi, riutilizzabili e riciclabili.

Result-oriented S.PSS: offerta di un risultato finale ai clienti (tipo III)

In sintesi, un'innovazione result-oriented S.PSS è definita come (Vezzoli *et al.*, 2021):

- un'azienda/organizzazione (o un'alleanza di aziende/organizzazioni) che offre un mix personalizzato di servizi – anziché prodotti – al fine di fornire uno specifico risultato finale al cliente. Il cliente/utente non è proprietario dei prodotti e non opera su di essi per ottenere la sod-

disfazione finale, ma paga l'azienda/organizzazione per fornire i risultati concordati.

Il cliente/utente trae vantaggio dall'essere esonerato dagli oneri e dai costi connessi all'acquisizione, all'uso e alla manutenzione, riparazione e aggiornamento di attrezzature e prodotti. L'interazione innovativa tra l'azienda e il cliente/utente spinge l'interesse economico e competitivo dell'azienda a cercare continuamente nuove soluzioni vantaggiose per l'ambiente, ad esempio progettando prodotti altamente efficienti, di lunga durata, riutilizzabili, facili da rigenerare e rifabbricare, nonché riciclare.

4.3 Nuove logiche di filiera per il riuso e il re-manufacturing

4.3.1 L'implementazione di approcci S.PSS in contesti di re-manufacturing: sfide e opportunità per la durabilità di prodotto
di Marika Arena, Carlo Vezzoli

Gli S.PSS potrebbero superare le criticità emergenti dall'applicazione di un modello organizzativo di vendita lineare e tradizionale, in favore di una proposta di business circolare. In una tradizionale catena di domanda e offerta di prodotti, i benefici economici derivano principalmente dal volume delle vendite. Secondo questa visione, la durabilità del prodotto ridurrebbe le unità di prodotto vendute, quindi è una caratteristica che potenzialmente minaccia il volume delle vendite e i ricavi economici. I produttori potrebbero quindi non incoraggiare l'estensione della durata della vita del prodotto, che potrebbe essere sfavorevole da un punto di vista economico.

Diversamente, un modello S.PSS implica che l'origine dei ricavi economici di un prodotto si sposti dalla sola vendita di beni a un'offerta di prodotti e servizi, pagati dall'utente in base all'unità di soddisfazione. Offrendo servizi orientati a prolungare la durata di vita del prodotto (per es., manutenzione, riparazione, aggiornamento, sostituzione, re-manufacturing), maggiore è la durabilità, maggiore è anche la probabilità di evitare o posticipare i costi di smaltimento per il fornitore e i costi connessi alla produzione, distribuzione e alla vendita di un nuovo prodotto. In questo contesto, i produttori/fornitori sono guidati quindi da interessi economici nell'offrire prodotti e servizi orientati a soddisfare le esigenze dei clienti nel tempo, piuttosto che dal solo volume di vendita. Ciò implica un interesse nell'allungare la durata della vita del prodotto, riducendo al minimo

l'impatto ambientale delle imprese e favorendo proposte di business circolari, come il re-manufacturing.

In relazione allo specifico contesto del re-manufacturing, le principali opportunità connesse ad un Sistema Prodotto-Servizio possono essere riassunte come: l'ottimizzazione ambientale del ciclo di vita del prodotto attraverso l'estensione della vita utile dei suoi materiali e componenti, insieme al mantenimento della proprietà da parte dei produttori. Di seguito verrà discussa brevemente ogni opportunità.

Come anticipato nel paragrafo precedente, la promozione dell'estensione della durata del prodotto è un aspetto chiave degli S.PSS che si inserisce nell'obiettivo primario di una proposta di business circolare, come ad esempio quelle basate sul re-manufacturing. Questo vale sia nel caso in cui il prodotto venga offerto con servizi all-inclusive (manutenzione, riparazione e aggiornamento e sostituzione) sia con un'offerta senza cessione di proprietà da parte del fornitore (per esempio col Pay per use). Infatti, più il prodotto o i suoi componenti durano nel tempo (benefici ambientali), più il fornitore evita o posticipa i costi di smaltimento (più i costi di pre-produzione, produzione e distribuzione di un nuovo prodotto che sostituisce quello smaltito). I fornitori sono quindi spinti da interessi economici a progettare per favorire l'estensione della durata della vita del prodotto/i.

Allo stesso modo, l'approccio sia alla progettazione che all'uso di materiali e componenti è guidato dall'obiettivo di estenderne l'usabilità e la durata il più a lungo possibile. Infatti, nella misura in cui il fornitore di prodotti-servizi vende il prodotto con inclusi i servizi a fine vita, cercherà di riciclare o prolungare la durata di vita dei materiali per evitare o limitare i costi legati alla discarica o all'acquisto di nuovo materiale primario, energia o compost.

Coerentemente, l'aspetto focale dei modelli S.PSS rispetto all'accesso in sostituzione della proprietà del prodotto dell'utente/cliente apre a potenziali sinergie con un approccio di re-manufacturing, sia dal lato del produttore che da quello dell'utente/cliente. Infatti, mantenendo la proprietà e/o la responsabilità/costi dei servizi del ciclo di vita dei prodotti o delle sue parti, i produttori hanno un interesse intrinseco nella progettazione di prodotti per cicli di vita più lunghi, in modo da consentire opportunità di re-manufacturing dopo le fasi di uso. Inoltre, usufruendo solo delle funzioni dei prodotti, ma senza la proprietà sui beni fisici, è più elevata l'accettazione da parte dell'utente/cliente di un bene rilavorato, aumentando così la domanda potenziale per questi tipi di prodotti.

Nonostante le numerose potenziali sinergie tra Sistemi Prodotto-Servizio e il re-manufacturing, nella pratica si riconoscono diverse criticità, lasciando l'implementazione di modelli S.PSS basati sul re-manufacturing limitata ad alcune esperienze. Rispetto ai Sistemi Prodotto-Servizio e ad at-

tività di re-manufacturing, le principali sfide e barriere sono legate all'accettazione del mercato, alla gestione e alla previsione dei flussi di costi e ricavi e all'approccio ai cambiamenti organizzativi (Copani e Benham, 2020).

Uno dei principali ostacoli riscontrati per i prodotti rilavorati è legato all'attrattiva del mercato. In effetti, la valutazione di possibili prestazioni ed estetiche obsolete potrebbe rendere i clienti più incerti di fronte alle alternative rifabbricate. Questo aspetto è mostrato dalla realtà che i prodotti rifabbricati sono attualmente venduti in settori business-to-business, in contesti di sostituzione di pezzi di ricambio o segmenti di mercato secondari: in questi contesti, la funzione è preferita rispetto all'estetica e ad altri aspetti culturali. Di conseguenza l'attrattività del mercato è principalmente guidata dalla convenienza dei costi e dalle prestazioni.

La combinazione di Sistemi Prodotto-Servizio e attività di re-manufacturing implica anche di ripensare i componenti del flusso economico, come costi e ricavi. Infatti, l'introduzione della restituzione del prodotto, in una fase post-consumo, implica un ulteriore aspetto di complessità, data la crescente imprevedibilità legata sia alle tempistiche che alle condizioni del bene restituito, aumentando così le asimmetrie informative complessive. Inoltre, un modello S.PSS, basato sulla fornitura di un servizio per un determinato periodo di tempo, richiede una rivisitazione del sistema di previsione della domanda adeguato al fine di determinare il prezzo ottimale del bene. In generale, la complessità delle previsioni di vendita è amplificata e una capacità richiesta di cogliere le esigenze in evoluzione del mercato è necessariamente più sofisticata e determinante nel sistema di gestione dei ricavi e dei costi.

Inoltre, la natura complessa della gestione del flusso finanziario richiesta in un modello S.PSS applicato ad attività di re-manufacturing impone l'accordo per cambiamenti significativi a livello organizzativo. Ad esempio, le competenze e le risorse necessarie per determinare il valore finanziario della merce restituita, dati i molteplici fattori di incertezza nel sistema, coprono ruoli più significativi nell'organizzazione. Quindi la diversa gestione finanziaria richiede anche la volontà organizzativa di ripensare i ruoli delle funzioni e la loro gestione.

4.3.2 Modelli di Sistemi Prodotto-Servizio Sostenibili in relazione alla catena del valore del re-manufacturing delle industrie dell'architettura terziaria

di Marika Arena

Le varie categorie di edifici terziari sono caratterizzate da tempi di rinnovo brevi, obsolescenza accelerata di attrezzature e allestimenti interni, prevalenza di componenti assemblati a secco e altamente performanti.

Inoltre, gli edifici terziari sono per lo più gestiti da soggetti che svolgono servizi integrati di facility management aventi fornitori di servizi generalmente responsabili del settore immobiliare. Questi gestiscono grandi volumi di componenti, che richiedono riparazione o smaltimento in caso di rinnovo dell'edificio. Questi elementi intrinseci del settore terziario all'interno del settore delle costruzioni rappresentano premesse chiave per l'applicabilità di attività di re-manufacturing, orientate a ridurre l'attuale significativo impatto ambientale del business.

Considerando i vari elementi sinergici tra re-manufacturing e Sistemi Prodotto-Servizio Sostenibili, il progetto di ricerca Re-NetTa ha mirato a indagare le opportunità di un modello S.PSS applicato al re-manufacturing nel contesto dell'architettura terziaria, formulando e discutendo potenziali schemi organizzativi innovativi insieme ai professionisti del settore. In particolare, ciò è stato realizzato attraverso attività di engagement – ovvero interviste semi-strutturate e tavole rotonde – con aziende e stakeholder di diverse aree del settore dell'architettura terziaria (esposizione, ufficio, retail). In questa sezione, vengono riepilogate le informazioni chiave relative alle lezioni apprese da questo studio, distinguendo le opportunità, le sfide e le esigenze.

In relazione agli elementi abilitanti nel contesto dell'architettura terziaria, vengono presentati due importanti aspetti della catena del valore.

Un elemento è collegato alla strategia di approvvigionamento, orientata ad attivare la fornitura dei componenti necessari per le operazioni di re-manufacturing. Si tratta della definizione di un rapporto contrattuale con l'utente/cliente che garantisca la possibilità e le condizioni di ritirare il prodotto dopo un ciclo di utilizzo. Coerentemente, attraverso la formulazione di modelli di business per il re-manufacturing per l'industria terziaria delle costruzioni, sono state presentate e discusse molteplici strategie di approvvigionamento per l'attivazione di una reverse supply chain.

In particolare, i contratti di leasing e i contratti di servizio sono stati selezionati come vere e proprie strategie commerciali con i clienti dei settori dell'edilizia terziaria, per garantire il rapporto con il cliente che è incorporato in un modello di business orientato al servizio, piuttosto che al pagamento unico orientato esclusivamente al prodotto. I meccanismi di sovrapprezzo (basati su un pagamento a sovrapprezzo alla restituzione del prodotto venduto) e di riacquisto (basati su un prezzo offerto al cliente per la restituzione del prodotto venduto) non sono stati individuati come strategie adeguate nelle applicazioni di architettura terziaria, principalmente a causa del valore relativamente basso del prodotto post-consumo e dell'orientamento basato sul servizio del rapporto con il cliente.

Nello specifico, i sistemi basati sul leasing sono riconosciuti quando esiste un driver rilevante legato ai vantaggi fiscali per il cliente: è il caso, per esempio, del leasing di componenti d'arredo per uffici aziendali. Come emerso dall'interazione con i principali stakeholder, gli accordi basati sul leasing sono anche considerati potenziali strumenti per abilitare modelli di business a ciclo chiuso per categorie selezionate di prodotti all'interno dell'ambiente ufficio, caratterizzati da un basso livello di customization e da una forte attenzione del cliente sulla funzione delle risorse.

Un secondo elemento che è in linea con una logica di offerta del Sistema Prodotto-Servizio Sostenibile è lo shift dal paradigma "proprietà del prodotto" verso quello dell'"accesso al prodotto".

In particolare, il modo in cui gli attori della supply chain interagiscono è attualmente legato principalmente alla vendita, attraverso la quale la proprietà e la responsabilità/costi nel ciclo di vita del bene viene trasferita dal fornitore al destinatario. Diversamente, la logica del Sistema Prodotto-Servizio Sostenibile si allontana dalla modalità esistente di interazione, andando oltre il concetto di proprietà e/o responsabilità/costi del ciclo di vita e sfruttando l'accesso a un'esperienza specifica di uso del prodotto (attraverso un prodotto, o un servizio, o una combinazione di entrambi). In relazione a questo aspetto, alcuni contesti sono emersi per essere più pronti per una logica di Sistema Prodotto-Servizio rispetto ad altri.

Ad esempio, nel settore dell'allestimento fieristico, alcune esperienze hanno dimostrato che il mantenimento della proprietà del prodotto da parte del fornitore assume un ruolo significativo nella fattibilità di un'offerta di business circolare, poiché la progettazione e la gestione della proposta aziendale sono pensate per un'estensione ex ante del ciclo di vita del prodotto: anche questo si adatta alle caratteristiche intrinseche dei modelli di offerta S.PSS.

L'interazione con attori ed esperti sul campo ha anche portato alla comprensione dei principali elementi di ostacolo dei modelli orientati al prodotto-servizio per il re-manufacturing.

Una barriera importante è stata individuata nel crescente livello di customization del prodotto e del marchio. Se da un lato queste tendenze potrebbero stimolare relazioni a lungo termine con i clienti e strategie di fidelizzazione dei clienti, dall'altro spesso non sono coerenti con un approccio di re-manufacturing e riutilizzo del prodotto.

Una seconda barriera riguarda il flusso di materiali provenienti da processi di manutenzione, rinnovo o demolizione di edifici terziari. La ricerca ha evidenziato che spesso i volumi di materiali non sono sufficientemente elevati per giustificare la nascita di imprese circolari e la riorganizzazione delle pratiche lineari esistenti. Come evidenziato tra le sfide riconosciute

associate ai Sistemi di Prodotto-Servizio, la previsione della domanda copre un ruolo rilevante nella progettazione e gestione di un'offerta. Pertanto, un mercato caratterizzato da un'elevata instabilità della domanda (registrata in termini di tipologie di componenti e quantità) non rappresenta un'arena promettente per l'implementazione di un modello orientato al prodotto-servizio per attività di re-manufacturing di prodotti.

La comprensione dei fattori ostacolanti legati al contesto dell'architettura terziaria pone le basi per la definizione delle esigenze chiave per l'applicazione di possibili modelli organizzativi circolari basati su una logica di Sistema Prodotto-Servizio.

In primo luogo, emerge un'esigenza rilevante nella formulazione di soluzioni di mercato caratterizzate da un giusto equilibrio tra modularità e personalizzazione. Promuovendo la modularità e la standardizzazione degli elementi tecnici, vengono facilitate le operazioni post-consumo, come il montaggio e lo smontaggio, il recupero del prodotto, la manutenzione, la riparazione e la sostituzione. Inoltre, i prodotti più standardizzati sono più facilmente destinabili a diversi mercati, aprendo ulteriori opportunità per l'estensione della vita utile del prodotto. Questo problema ha messo in luce il ruolo abilitante della fase di progettazione all'interno della catena del valore orientata a estendere il ciclo di vita del prodotto. Vale la pena sottolineare che la progettazione di prodotti modulari e più standardizzati dovrebbe considerare la potenziale minaccia di una bassa attrattiva del mercato di tali prodotti. In effetti, la scarsa accettazione del mercato è emersa come un aspetto dirimente per la diffusione dei prodotti rilavorati.

In secondo luogo, gli attori del mercato riconoscono che il passaggio a un modello di re-manufacturing richiede cambiamenti rilevanti nella struttura e nelle dinamiche della catena di approvvigionamento, quindi è richiesto un supporto in termini di sviluppo di policy. Nello specifico, le operazioni di un modello di business di re-manufacturing richiedono la disponibilità di risorse diverse (sia economiche, fisiche che di capitale intellettuale) mancanti o scarse nella rete esistente: da qui la definizione e il supporto di nuove figure professionali con adeguate competenze trasversali, tra cui l'ecodesign e la gestione delle pratiche circolari legate al processo di costruzione lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.

Ulteriori forme di incentivo possono supportare la promozione di pratiche innovative e circolari all'interno dei meccanismi di mercato esistenti. Ad esempio, i requisiti ambientali introdotti nelle definizioni delle gare d'appalto sono riconosciuti come un driver rilevante.

Bibliografia

- Amezquita T.R., Hammond, Bras B. (1995), *Characterizing the Re-manufacturability of Engineering Systems. ASME Advances in Design Automation Conference*, DE, vol. 82, Boston, Massachusetts, ASME, pp. 271-278.
- Commissione Europea (2020), Circular Economy Action Plan: For a Cleaner and More Competitive Europe, *Publications Office of the European Union*, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/05068>
- Copani G., Behnam S. (2020), Remanufacturing with Upgrade PSS for New Sustainable Business Models, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 245-256.
- Gehin A., Zwolinski P., Brissaud D. (2008), “Imaging a Tool to Implement Sustainable End-of-Life Strategies in the Product Development Phase”, *Journal of Cleaner Production*, 16, 566-576. Disponibile: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.012>.
- Gispén (2022), Circulaire Projectinrichter Voor Zorg, Onderwijs En kantoorgispén. Disponibile: www.gispén.com/en/, Accesso 17/01/2024.
- Hatcher G.D., Ijomah W.L., Windmill J.F.C. (2011), “Design for Re-manufacture: A literature Review and Future Research Needs”, *Journal of Cleaner Production*, 19(17), 2004-2014. Disponibile: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.019>.
- Hockerts K., Weaver N. (2002, May), Towards a Theory of Sustainable Product Service Systems – What Are the Dependent and Independent Variables of S-PSS. In Proceedings of the INSEADCMER research workshop “Sustainable product service systems – key definitions and concepts”.
- Ijomah W.L., McMahan C.A., Hammon G.P., Newman S.T. (2007), “Development of Fobust Design-for-Re-manufacturing Guidelines to Further the Aims of Sustainable Development”, *International Journal of Production Research*, 45(18-19), 4513-4536. Disponibile: <https://doi.org/10.1080/00207540701450138>.
- ISO (2020), *Environmental management – Vocabulary* (ISO 14050:2020). www.iso.org/standard/75300.html.
- Keoleian G.A., Menterey D. (1993), Life Cycle Design Guidance Manual: Environmental Requirements and the Product System | Center for Sustainable Systems (EPA/600/R-92/226), Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.
- LeNSlab Polimi (2024), LeNSlab Polimi / Learning Resources / Guidelines & Cases. Disponibile: www.lenslab.polimi.it/. Accesso 17/01/2024.
- Manzini E., Vezzoli C. (1998), *Lo sviluppo di prodotti sostenibili. I requisiti ambientali dei prodotti industriali*, Maggioli.
- Prendeville S., Peck D., Balkenende R., Cor E., Jansson K., Karvonen I. (2016), *Map of Re-manufacturing Product Design Landscape* (p. 61).
- RAU Architects. (2013), Gemeentehuis Brummen, RAU Architects. Disponibile: www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-brummen/ Accesso 17/01/2024.

- Shahbazi S., Johansen K., Sundin E. (2021), “Product Design for Automated Re-manufacturing – A Case Study of Electric and Electronic Equipment in Sweden”, *Sustainability*, 13(16), 9039. Disponibile: <https://doi.org/10.3390/su13169039>.
- Tarkett (2015), DESSO Carpet Rolls and Tiles – Tarkett | Tarkett. Disponibile: http://professionals.tarkett.com/en_EU/node/desso-carpet-tile-and-roll-solutions-innovation-functionality-and-sustainability-5527. Accesso 17/01/2024.
- Tukker A. (2004), Eight Types of Product-Service System: Eight Ways to Sustainability? Experiences from SusProNet, *Business Strategy and the Environment*, 13(4), 246-260. <https://doi.org/10.1002/bse.414>
- Vezzoli C. (2018), Design for Environmental Sustainability: Life Cycle Design of Products (2^a ed.), Springer-Verlag. Disponibile: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7364-9>.
- Vezzoli C., Kohtala C., Srinivasan A., Xin L., Fusakul M., Sateesh D., Diehl J.C. (2017), *Product-Service System Design for Sustainability*, Routledge.
- Vezzoli C., Sciamia D. (2006), “Life Cycle Design: From General Methods to Product Type Specific Guidelines and Checklists: a Method Adopted to Develop a Set of Guidelines/Checklist Handbook for the Eco-Efficient Design of NECTA Vending Machines”, *Journal of Cleaner Production – J Clean Prod*, 14, 1319-1325. Disponibile: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.011>.
- Vezzoli C., García Parra B., Kohtala C. (2021), *Designing Sustainability for All: The Design of Sustainable Product-Service Systems Applied to Distributed Economies* (p. 142), Springer Nature.
- Yang S.S., Ong S.K., Nee A. (2015), “Towards Implementation of DfRem into the Product Development Process”, *Procedia CIRP*, 26, 565-570. Disponibile: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.026>.

Parte II

Teorie e pratiche

5. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul servizio *all-inclusive*

di Anna Dalla Valle, Serena Giorgi*

5.1 Il modello basato sul servizio *all-inclusive*: attori coinvolti, le competenze, le relazioni di filiera

In ottica di economia circolare per l'architettura terziaria, si propone un modello organizzativo innovativo basato sull'integrazione di servizi *all-inclusive* con l'obiettivo di promuovere pratiche di *remanufacturing*, fornite da un *remanufacturer* o partner rilavoratore (Fig. 5.1). In sintesi, i dettagli connotativi del modello – oggetto di studi approfonditi anche tramite indagini sul campo – sono i seguenti in funzione delle diverse fasi di processo:

- design – progettazione di prodotti orientati alla rilavorazione;
- commercializzazione – acquisto di prodotti tramite formula di contratto di servizi *all-inclusive* e trasferimento della proprietà del prodotto al cliente;
- logistica inversa – raccolta di prodotti danneggiati in fase d'uso o compromessi nelle prestazioni attraverso soluzioni ibride, ossia eseguite in autonomia dai *remanufacturer* o tramite il supporto di intermediari;
- rilavorazione – presenza di rilavoratori a contratto, ossia che operano in *partnership* con i fornitori dei prodotti e incaricati di ripristinare le prestazioni originali del prodotto, se necessario anche attraverso processi di *re-design* per favorire il *remanufacturing*;
- fornitura – riconsegna del prodotto al cliente, ove necessario, effettuata con l'intermediazione di un partner, mantenendo il mercato di destinazione identico a quello del prodotto originario.

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

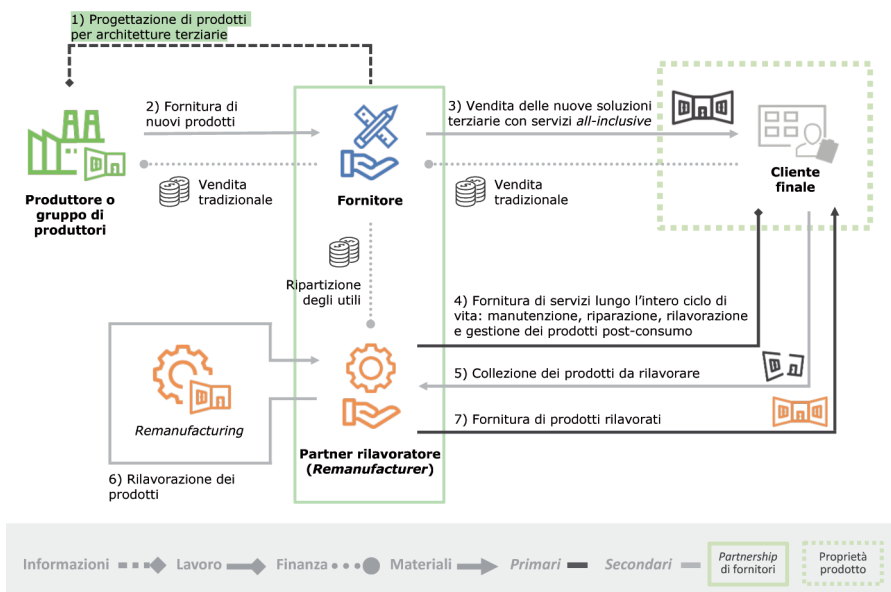


Fig. 5.1 - Modello organizzativo basato sul servizio all-inclusive

Tale modello risulta dalla combinazione di due fattori chiave: l'offerta di prodotti associati a una serie di servizi e la stretta cooperazione tra due o più attori di filiera. In particolare, il primo fattore implica l'acquisizione del prodotto da parte del cliente tramite metodi di vendita tradizionali, ma con il diritto di beneficiare di un insieme di servizi durante la fase di utilizzo del prodotto, finalizzati a prolungarne la vita utile. Gli accordi contrattuali sottesi al modello possono comprendere i seguenti servizi, in forma singola o combinati tra loro: la pulizia, la riparazione, la manutenzione, la sostituzione e la rilavorazione. Il secondo fattore chiave attiene invece alla relazione sinergica tra i due principali attori della catena di fornitura, ossia tra il fornitore del prodotto e il rilavoratore, cioè il fornitore dei servizi associati al prodotto. Quest'ultimo risulta infatti essere il soggetto responsabile a provvedere alle operazioni necessarie in fase d'uso per estendere il ciclo di vita del prodotto, offrendo le sue capacità e competenze tecnico-operative nel campo della manutenzione e delle operazioni di rilavorazione. A seconda dei casi, il rilavoratore si pone in rapporto diretto o indiretto con l'utente, mentre detiene una *partnership* commerciale con il fornitore del prodotto, a sua volta incaricato di raggiungere i *target* del mercato, sfruttando le proprie risorse e competenze commerciali e logistiche.

Da notare che il modello non intende promuovere molteplici cicli di utilizzo dei prodotti distribuiti ai clienti (capitolo 6) ma, al contrario, cerca di prolungare il più possibile il singolo ciclo di uso di ogni prodotto. In questo modo, i clienti che acquistano il prodotto ne mantengono anche la proprietà, traendo vantaggio da questi meccanismi di business in termini ambientali e potenzialmente economici. Infatti, se con l'offerta di servizi *all-inclusive* la durata d'uso del prodotto coincide con la vita utile dello stesso, ossia traducendosi nella minimizzazione dello spreco di prestazioni residue, il modello proposto consente di stabilire e sviluppare relazioni commerciali *win-win* di lunga durata, mettendo a sistema: il fornitore, il rilavoratore e il cliente, implementando una strategia di fidelizzazione.

Applicando nello specifico il modello proposto all'ambito delle architetture terziarie, gli attori chiave del sistema organizzativo basato sull'offerta di servizi *all-inclusive* sono i *general contractor* di spazi uffici/commerciali e gli allestitori di spazi espositivi. Da un lato, infatti, essi hanno le capacità di comprendere, soddisfare e anticipare la domanda di mercato dei clienti. Dall'altro, data la loro centralità nella catena di fornitura, assumono una posizione strategica e privilegiata nell'offerta di soluzioni innovative. A monte della filiera, i produttori possono essere soggetti indipendenti dagli attori chiave (es. caso uffici) o integrati (es. caso fiere). La differenza dei casi applicativi si riflette nei molteplici ruoli e responsabilità esercitati dagli attori all'interno dei modelli organizzativi, opportunamente adattati a ciascun contesto aziendale.

Nel modello organizzativo basato su servizi *all-inclusive*, i rilavoratori sono considerati partner esterni nella cooperazione tra gli attori economici esistenti. Ciò perché, ad oggi, sono stati individuati come *stakeholder* per lo più assenti dalle dinamiche di mercato, ad eccezione di alcune pratiche virtuose attivate per soddisfare le richieste di specifici contesti applicativi. La generale mancanza di questo tipo di portatori di interesse apre spazio al potenziale ingresso di nuove realtà nel mercato del lavoro e nuovi ruoli aziendali operanti nell'ambito del *remanufacturing*.

Gli attori esistenti e i potenziali nuovi soggetti assumono infatti ruoli diversi all'interno del modello organizzativo proposto, in termini di competenze, relazioni e mercato. Come anticipato, l'attore chiave del modello, rappresentato a seconda dei casi, dal *general contractor* di spazi uffici/commerciali e dall'allestitore di spazi fieristici, è considerato il principale abilitatore del presente sistema organizzativo circolare. Esso interagisce infatti con il cliente, per captarne le esigenze e offrire una soluzione adeguata, capace di coniugare la sostenibilità, nella sua duplice declinazione economica e ambientale, con innovazione e qualità.

Fondamentale, in questo contesto, è la possibilità di instaurare un rapporto solido e duraturo con il cliente, poiché il modello organizzativo implica un accordo tra fornitore e cliente basato sulla vendita di prodotti integrati con l'erogazione di servizi *all-inclusive*. Tale logica richiede la creazione di una strategia di fidelizzazione del cliente, volta non solo a massimizzare i risultati ma anche all'attivazione di sistemi di logistica inversa dei prodotti. Il modello organizzativo implica difatti un flusso di materiali a circuito chiuso, in cui lo stesso cliente potrebbe potenzialmente assumere un ruolo rilevante all'interno della catena di fornitura. Il cliente viene perciò considerato come attore attivo nel recupero di oggetti post-consumo ed è vincolato all'accordo commerciale con il fornitore per ricevere una soluzione rilavorata.

All'interno del modello, tuttavia, i ruoli e le responsabilità dei tre principali *stakeholder* coinvolti, ossia: i) produttori; ii) *general contractor* o allestitori; iii) e partner rilavoratori, non sono rigorosamente definiti, in quanto dipendono dalla specifica organizzazione della catena di fornitura. Inoltre, i ruoli sono necessariamente legati alle competenze e alle risorse disponibili e potenziali che ciascun attore può assicurare all'interno di una rete *multi-stakeholder*. In quest'ottica, ad esempio, gli allestitori di spazi espositivi sono spesso attrezzati in termini di macchinari e competenze per la lavorazione dei prodotti, avendo quindi l'opportunità di condividere con i partner rilavoratori l'esecuzione delle potenziali diverse fasi processuali per l'estensione del ciclo di vita dei prodotti. Al contrario, i *general contractor* di spazi uffici e commerciali non hanno generalmente le competenze e le risorse tecniche per eseguire le dovute attività di trattamento dei prodotti, affidando di conseguenza le operazioni di *re-manufacturing* interamente al rilavoratore esterno. I ruoli di ciascun attore sono quindi definiti lungo la catena del valore, sulla base della comprensione del *know-how* e delle capacità esistenti. In generale, le competenze che emergono come necessarie lungo la catena del valore e cruciali per la fattibilità del modello proposto basato sui servizi *all-inclusive*, vertono in particolare sui seguenti aspetti: la fase di progettazione per il *re-manufacturing*, i meccanismi di *marketing* e la gestione della logistica, sia inversa sia della catena di distribuzione.

La progettazione del prodotto finalizzata a facilitare le attività di *re-manufacturing* si rivela infatti fondamentale per l'offerta di una soluzione circolare di prodotto associato ad una serie di servizi, eliminando le barriere fisiche, tecniche e funzionali per estendere il ciclo di vita dei beni post-consumo. Questa fase gioca un ruolo cruciale non solo nella definizione delle caratteristiche materiali e tecnologiche dei prodotti e nella propensione della reversibilità e disassemblabilità delle sue parti, ma anche nel rap-

porto tra fornitore e cliente, ove richiesto, per la creazione di soluzioni personalizzate, ossia progettate per lo scopo e l'esigenza specifica del cliente.

In secondo luogo, la natura intrinseca di una rete chiusa implica che il fornitore costruisca con il cliente una relazione sufficientemente stretta e solida, sottendendo pertanto adeguate capacità e strategie di *marketing* per porre le premesse di un accordo a lungo termine che combini la vendita e la fornitura di servizi di rilavorazione.

In terzo luogo, la sostenibilità di una catena di fornitura a circuito chiuso dipende dalle risorse e dalle competenze in grado di garantire la gestione della logistica inversa a livello operativo. Qui, a seconda delle risorse e capacità degli attori coinvolti, può emergere la necessità di un collettore intermediario, responsabile del *reverse procurement*, del trasporto, dello stoccaggio e della riallocazione dei prodotti post-consumo, per supportare l'attivazione di catene di fornitura circolari.

Analizzando la rete di iterazioni previste tra i molteplici *stakeholder*, il modello organizzativo basato sui servizi *all-inclusive* fa leva su due relazioni prioritarie: una orientata al mercato e l'altra alla catena di fornitura. La relazione con il cliente risulta infatti fondamentale per l'accettazione di una soluzione di prodotto con servizi annessi, quindi come abilitatore della fattibilità della pratica aziendale e sostenibilità di gestione della catena del valore a circuito chiuso. Questo rapporto si concretizza nella sottoscrizione di un accordo finanziario tra il fornitore della soluzione e l'utente finale. Per quanto riguarda invece la relazione di catena di fornitura, essa si verifica in particolare con il fornitore del prodotto e il rilavoratore esterno, al fine di offrire sul mercato soluzioni performanti e in grado di prolungare il più possibile la vita utile del prodotto tramite attività di *remanufacturing*. In questo caso, la determinazione della *partnership* aziendale è fondamentale, poiché gli attori condividono le responsabilità della soluzione venduta al cliente: il prodotto fisico e la prestazione di servizi specifici in fase d'uso.

5.2 Campi di applicazione e nuovi mercati per servizi innovativi

Il presente modello organizzativo basato sull'integrazione di servizi *all-inclusive* vede come campo fertile di applicazione il settore terziario, in quanto assume una posizione di rilievo per l'avvio di pratiche di *remanufacturing* sotto un duplice profilo. Da un lato, i tempi brevi di rinnovo e le frequenti riconfigurazioni degli spazi interni determinano un ricambio accelerato delle soluzioni tecnologiche-costruttive nonché delle attrezzature di lavoro. Inoltre, i servizi innovativi di uso degli spazi, quali *hoteling*, *space-sharing*, *co-working*, determinano ancor più un elevato grado di

temporaneità nei modelli di utilizzo dei prodotti e la riduzione dei contratti di locazione. Dall'altro lato, si avverte la disponibilità di quantità significative di componenti in disuso ma con elevate prestazioni residue, tra cui partizioni interne, sistemi di finitura e arredi. Queste soluzioni, tipicamente sviluppate per edifici terziari, sono solitamente caratterizzate da materiali di valore e da metodi di assemblaggio a secco, quindi facilmente smontabili. Tali condizioni distinguono in generale il settore terziario, che tuttavia presenta tratti distintivi a seconda del contesto applicativo, in particolare in relazione a: edifici per uffici, edifici per esposizioni, edifici per il commercio al dettaglio.

A fine di comprenderne le specificità, l'attivazione di contatti nel settore lungo l'intera filiera è stata essenziale, consentendo di acquisire molteplici prospettive da parte degli attori sul campo in merito all'applicabilità del modello organizzativo proposto basato su servizi *all-inclusive*. In particolare, l'applicabilità del modello è stata indagata concentrandosi sulle possibili abilità e competenze specifiche dei rilavoratori esistenti tra gli attori della filiera dell'ufficio e sulla redditività del prodotto rilavorato, approfondendo le normative di settore e le dinamiche di mercato esistenti. Per ottenere una panoramica completa sono stati quindi coinvolti operatori economici della filiera a monte e a valle, promuovendo altresì la comprensione reciproca degli stessi e la collaborazione per abilitare la potenziale implementazione delle opportunità di *remanufacturing* associate al modello.

In particolare, nell'ambito degli uffici, gli *stakeholder* coinvolti appartengono alle seguenti tipologie di attori: produttori, *general contractor* e associazioni di categoria, che hanno espresso le diverse prospettive, sia in termini di opportunità sia di preoccupazioni, dal punto di vista produttivo, commerciale e normativo. In riferimento all'implementazione del modello organizzativo basato su servizi *all-inclusive*, opinione condivisa è che la rete di filiera esistente non sia sufficientemente pronta a offrire le competenze tecniche e le relazioni commerciali necessarie per considerare il prodotto rilavorato come attività redditizia sul mercato e per valutare la logistica inversa come economicamente sostenibile.

Nell'industria italiana delle architetture per uffici, si evidenzia infatti la mancanza di una solida catena di fornitura, nonché di rilavoratori attivi sul territorio. L'attuale rete di filiera non appare adeguatamente in grado di sostituire le attuali pratiche su larga scala per l'allestimento e la costruzione di sistemi per ufficio a favore di pratiche circolari. I principali fattori che ne minano l'implementazione da parte degli attori esistenti sono essenzialmente associati alla convenienza economica e alla mancanza di una solida rete logistica e produttiva, volta a garantire l'abbattimento dei costi della filiera a ciclo chiuso in sostituzione di quella lineare attuale. Alla lu-

ce di ciò, tutti gli *stakeholder* convergono con la necessità di introdurre un nuovo attore all'interno della filiera, con l'obiettivo di favorire l'attivazione di pratiche circolari, non sostenute dagli attuali attori commerciali (ad esempio *general contractor*) e dai produttori, in quanto non possiedono il *know-how* e le competenze specifiche dei processi di *remanufacturing*. Il nuovo attore si intenderebbe quindi come promotore di offerte commerciali competitive di soluzioni circolari per il sistema ufficio. Inoltre, a supporto, dovrebbe essere messa in pratica una rete di fornitura inversa solida e strutturata, al fine di garantire la convenienza dei costi e la diffusione delle pratiche a livello industriale.

Altra questione emersa come cruciale è rappresentata dal quadro normativo italiano associato al settore dell'edilizia per uffici, in quanto i requisiti attualmente in vigore risultano significativamente severi e di notevole impatto per la redditività delle soluzioni offerte sul mercato per l'edilizia per uffici. Nel proporre nuove offerte commerciali ci si deve quindi basare sul sistema normativo corrente, tenendo però in considerazione che si tratta di un processo in continua evoluzione.

Spostando l'attenzione dalle architetture terziarie per uffici agli spazi per allestimenti, ossia all'ambito fieristico ed espositivo, gli *stakeholder* intervistati in merito all'applicabilità del modello organizzativo proposto sono rappresentativi dei principali ruoli di filiera: progettisti, produttori e allestitori. Applicando il modello *all-inclusive* all'industria degli allestimenti fieristici, i diversi prodotti sono forniti dai produttori all'allestitore, che li integra nella soluzione di allestimento finale. Quest'ultima viene consegnata al cliente attraverso un contratto di servizio inclusivo, che ha lo scopo di provvedere al cliente una serie di attività aggiuntive come la manutenzione, la riparazione e l'adattamento della soluzione di allestimento insieme a operazioni di *remanufacturing*, volta a mantenere il valore dei prodotti nel tempo. Il contratto tra allestitore e cliente si basa su una transazione onnicomprensiva: un unico pagamento comprensivo di tutti i servizi forniti nell'intero ciclo di vita dell'allestimento fieristico. Dopo l'uso, i prodotti usati nella soluzione di allestimento vengono recuperati e portati a un rilavoratore convenzionato che, nel rispetto dei termini contrattuali, provvede a rifornire all'allestitore i prodotti rilavorati da integrare nelle successive soluzioni di allestimento.

In generale, gli attori coinvolti hanno dichiarato che i meccanismi sottesi al modello basato sul servizio *all-inclusive* sono spesso già in atto nel settore fieristico. Facendo leva sulla breve durata e sull'alta frequenza degli eventi fieristici, il principale punto di forza del modello è che consente all'allestitore di fare piani a lungo termine con i clienti, che sovente diventano essi stessi promotori attivi della pratica. Infatti, molte aziende di alle-

stimento sono caratterizzate da un ridotto *turnover* di clienti, in quanto rimangono per la maggior parte pressoché costanti per diversi anni. È qui che si apre la possibilità di sviluppare e favorire la collaborazione tra allestitori e clienti, offrendo l'opportunità di stipulare contratti a lungo termine, anche attraverso l'eventuale intermediazione di architetti, responsabili della fase di progettazione della soluzione di allestimento.

Per quanto riguarda il trasferimento di proprietà promosso dal modello, le indagini sul campo riportano diverse esperienze in cui il cliente diventa proprietario degli stand espositivi e dei prodotti compresi. La finalità è duplice. Da un lato, il cliente è in grado di affidare la gestione dello *stock* di prodotti componenti la soluzione espositiva all'allestitore, che ne risulta responsabile non solo per lo stoccaggio ma anche per l'uso ottimale. Obiettivo è infatti di reimpiegare l'insieme di prodotti al completo per la maggior parte degli eventi, alterandone la progettazione e quindi disponendone l'utilizzo parziale solo in occasione di luoghi ed eventi specifici. Dall'altro, attraverso la *partnership*, l'allestitore è coinvolto in contratti pluriennali, pianificando anche insieme agli architetti il massimo utilizzo del materiale disponibile, promuovendo processi di *remanufacturing* dei prodotti esistenti.

In quest'ottica la fase di progettazione riveste un ruolo cruciale, offrendo soluzioni *ad hoc* e quindi altamente personalizzate per il cliente, ma allo stesso tempo creando sistemi il più possibile modulari. Il bilanciamento tra personalizzazione e modularità costituisce una sfida dal punto di vista tecnico e del design orientato a favorire il riuso delle soluzioni di allestimento in molteplici eventi e quindi a prolungarne la vita utile. Tale motivo, unito alla natura dinamica e variegata delle richieste dei clienti, porta gli allestitori a collaborare con i produttori per avere supporto tecnico nella progettazione ed eventuale riprogettazione dei prodotti all'interno di filiere che promuovono pratiche circolari.

Esplorando l'attuale catena di fornitura degli allestimenti fieristici, le possibili attività di *remanufacturing* sono svolte internamente dagli allestitori, senza richiedere l'ausilio di partner esterni, come invece presupposto dal modello presentato basato sul servizio *all-inclusive*. Nell'ambito delle attività espositive, l'allestitore risulta quindi responsabile dei servizi di allestimento, recupero e rilavorazione, dove fundamentalmente tutti i prodotti che arrivano al sito espositivo tornano a fine evento in magazzino per essere all'occorrenza rilavorati e riutilizzati, riducendo al minimo la produzione di rifiuti. Nonostante ciò, è importante sottolineare che gli *stakeholder* mostrano interesse a collaborare con potenziali partner specializzati per svolgere operazioni di *remanufacturing* in relazione a particolari prodotti. È il caso, ad esempio, dei banner utilizzati a fini comunicativi, tradi-

zionalmente in PVC ma, per rispondere ai requisiti di sostenibilità del mercato, oggi realizzati con un tessuto ecologico con stampa a sublimazione e completamente riciclabile. Tale soluzione alternativa risulta più onerosa dal punto di vista economico, ma è dotata di qualità eccezionali per la leggerezza del tessuto, per la rapidità di installazione e in termini di brillantezza. Dal momento che i banner sono prodotti altamente customizzati e difficilmente riutilizzabili, sarebbe auspicabile la cooperazione con un partner esterno, incaricato del loro recupero e reinserimento nel mercato attraverso processi di rilavorazione.

In riferimento alla rilavorazione come parte integrante del contratto di servizio *all-inclusive* offerto dall'allestitore al cliente, è importante notare che questa soluzione implica rischi aggiuntivi rispetto a quelli sostenuti dai servizi standard. In fase di stipula del contratto, infatti, il cliente richiede comunemente di ammortizzare i costi in un piano pluriennale. Questo meccanismo implica che l'allestitore si assume la responsabilità della produzione e fornitura della soluzione, ad esempio con l'obiettivo di mantenerlo in uso per un periodo di 5 anni, preoccupandosi di conseguenza di selezionare materiali in relazione alla durata attesa. Da notare però che la messa in evidenza di pratiche circolari diventa strumento di competitività per determinati bandi di gara e d'appalto.

Seppur il modello *all-inclusive* sia già praticato nel settore fieristico, è bene ricordare che in fase di applicazione presenta un grande limite in relazione al fattore tempo. Infatti, gli allestitori devono rispettare regolamenti, procedure e tempistiche dettate dall'ente fiera, che spesso prevede la demolizione degli stand per ragioni di tempo e riduzione dei costi, ignorando le questioni ambientali. Trascurando gli aspetti economici, uno smontaggio accurato richiede il giusto tempo per essere eseguito, spesso non tenuto in considerazione dai fitti calendari fieristici. Per questo motivo, gli organizzatori di eventi rappresentano ulteriori *stakeholder* da coinvolgere per mettere in pratica i processi di riuso e rilavorazione, calibrando opportunamente le tempistiche necessarie per l'installazione, uso e smontaggio.

Infine, nell'ambito delle architetture terziarie per il *retail*, ossia per il commercio al dettaglio, il modello proposto orientato al *remanufacturing* e basato su servizi *all-inclusive* e *partnership* con rilavoratori esterni è stato guardato con notevole interesse dagli *stakeholder* coinvolti nell'indagine sul campo. Adattando il modello organizzativo allo specifico contesto applicativo, l'appaltatore vende i sistemi costruttivi-tecnologici per la vendita al dettaglio con inclusi servizi per estendere la vita utile degli elementi, commissionando i processi di rilavorazione a partner esterni. Qui, la fase di progettazione riveste cruciale importanza nel facilitare i processi circo-

lari, specialmente in una catena di valore a ciclo chiuso, come quella proposta, in cui il singolo cliente è il destinatario del prodotto sia come “nuovo” sia come “rilavorato”.

Come già evidenziato per i precedenti contesti applicativi, un altro aspetto fondamentale riguarda la proprietà del prodotto, che secondo il modello viene trasferita al cliente abbinata a una serie di servizi forniti dall'appaltatore. Per massimizzare la durata del prodotto e garantire molteplici cicli d'uso, si conviene che il terzo settore potrebbe ricoprire un ruolo chiave nello sviluppo e nel miglioramento delle pratiche circolari per il settore del commercio al dettaglio. Infatti, l'implementazione di strategie di responsabilità sociale d'impresa spesso implica l'attivazione di accordi di collaborazione con organizzazioni no-profit, che possono attestare l'esperienza e la conoscenza delle attività del terzo settore. Per tale motivo, durante le interviste agli *stakeholder* sono stati coinvolti sia gli attori tradizionali del settore *retail* sia gli operatori del terzo settore. In particolare, si è potuto cogliere il punto di vista di un grande operatore che agisce come progettista, produttore e appaltatore dei propri negozi al dettaglio; un appaltatore che serve negozi specialmente in *franchising*; e due attori del terzo settore impegnati in operazioni di produzione e logistica inversa.

Dal punto di vista del mercato, sia del commercio al dettaglio sia del terzo settore, la tendenza alla personalizzazione dei prodotti si conferma essere un vincolo anche per il contesto *retail* del settore delle costruzioni. Questo fattore, infatti, rischia di porre dei limiti da parte dei clienti nell'accettare prodotti rilavorati, piuttosto che nuove soluzioni. L'offerta di prodotti altamente customizzati si rivela essere una barriera primaria per l'attivazione di una catena del valore a ciclo chiuso, volta a concepire e realizzare i prodotti in funzione della loro propensione ad essere sottoposti a processi di rilavorazione nella fase post-consumo.

Inoltre, per quanto riguarda la catena di fornitura, la rete di vendita al dettaglio risulta complessa in termini di responsabilità dei prodotti, in quanto essi non hanno né origine, ossia non sono prodotti direttamente, né sono di proprietà del rilavoratore. In questi casi, gli operatori tecnici incontrano ostacoli nel valutare e attestare la certificazione delle prestazioni. Ciò potrebbe essere di stimolo per sperimentare il modello proposto che si basa sulla progettazione per il *remanufacturing*, grazie alla stretta connessione tra gli attori, inclusa tra fornitore-progettista e fornitore-cliente, e prodotti associati ad informazioni più trasparenti ed esaurienti. La disponibilità di dati e informazioni di prodotto apre l'esigenza di monitorare gli stessi durante tutta la loro vita utile, sostenendo l'attivazione di un'attività che richiede risorse e risulta attualmente poco praticata quanto necessaria per rintracciare le informazioni sul prodotto per nuovi usi futuri.

5.3 Leve e barriere: il punto di vista degli stakeholder

Coerentemente con quanto appreso dalle indagini sul campo – in particolare delle architetture terziarie per spazi uffici, espositivi e di vendita al dettaglio – si riassumono le principali leve e barriere condivise dagli *stakeholder* in merito all'applicabilità del modello organizzativo basato su servizi *all-inclusive*.

Per quanto riguarda le leve inerenti ai meccanismi di filiera, si può attestare come il settore degli allestimenti fieristici goda di una posizione privilegiata, in relazione a due potenziali fattori abilitanti. In primo luogo, i rapporti che l'allestitore instaura con il cliente sono attualmente caratterizzati da una durata pluriennale, favorendo *partnership* commerciali durature, aumentando la fidelizzazione del cliente e quindi l'implementazione di pratiche circolari virtuose. In secondo luogo, il concetto di proprietà del prodotto assume un ruolo significativo nella fattibilità del modello organizzativo basato su servizi *all-inclusive*. Nel settore fieristico la realtà delle esperienze ha dato evidenza che spesso la proprietà è mantenuta dal fornitore, ma altresì dal cliente, garantendo una gestione efficiente dei flussi di prodotti e materiali in un sistema di fornitura a circuito chiuso. Fine ultimo è infatti la massima successione di cicli d'uso di un dato prodotto e l'attivazione di servizi di logistica inversa tra cliente, fornitore o partner rilavoratore.

Ulteriori leve sono state identificate approfondendo le dinamiche di mercato e le tendenze in atto all'interno dei settori di business indagati, che rivelano il potenziale di proposte commerciali circolari e innovative. Ne è un esempio, il settore dell'edilizia per uffici fortemente coinvolto nella revisione della distribuzione degli spazi alla luce della situazione post-pandemica che ha spinto le aziende a ripensare il modo di lavorare in ufficio. Questa dinamica offre l'occasione di mettere in discussione anche l'impronta ambientale degli spazi fisici utilizzati per il lavoro, fattore cruciale per le aziende che pongono attenzione al contenimento degli impatti ambientali come fattore prioritario nelle loro strategie. In un prossimo futuro, l'implementazione di pratiche circolari potrebbe arricchire la logica orientata ai costi che domina l'attuale business dell'edilizia per uffici, favorendo le prestazioni ambientali dei progetti associate agli aspetti di sostenibilità economica.

La crescente attenzione posta sulla valutazione degli impatti ambientali si riflette soprattutto nel settore degli allestimenti fieristici e, in misura minore, della vendita al dettaglio. Infatti, sia a livello nazionale sia internazionale, le gare d'appalto vedono la progressiva integrazione di requisiti volti all'attivazione di pratiche rispettose dell'ambiente. Questi nuovi fattori di concorrenza potrebbero innescare l'esplorazione di pratiche di business cir-

colari. Inoltre, per quanto riguarda nello specifico le aziende che operano su larga scala, la creazione di progetti volti a generare nuove destinazioni d'uso per prodotti che hanno un basso valore economico residuo associato al mercato esistente guadagnano nel tempo una rilevanza significativa. Tali grandi aziende potrebbero infatti essere interessate a rendicontare attività legate al loro core business in materia di sostenibilità legate, disponendo di notevoli risorse da dedicare alle attività.

In modo speculare a quanto emerso per le leve, l'interazione con i principali *stakeholder* della catena del valore delle architetture terziarie ha permesso di comprendere e riconoscere le barriere che oggi potenzialmente impediscono l'applicabilità del modello organizzativo proposto che combina soluzioni con servizi *all-inclusive* e *partnership* con rilavoratori esterni.

In primis, in modo trasversale a tutti i settori, si nota la continua tendenza alla personalizzazione del prodotto. Il mercato richiede infatti beni sempre più differenziati e, in regime di concorrenza, le imprese sono chiamate a soddisfare le richieste dei clienti. Questa dinamica non risulta in linea con la filosofia della sostenibilità e soprattutto con il valore di mercato basato su un rapporto a lungo termine con il cliente. Allestitori e *general contractor* di spazi uffici e *retail* rispondono così alla domanda di customizzazione dettata dal mercato che spesso si pone in contrasto con il proposito di estendere i cicli di utilizzo dei prodotti.

Altro limite rilevante per la fattibilità delle pratiche di *remanufacturing* che implicano il recupero, la rilavorazione e il riutilizzo dei prodotti è rappresentato dai quadri normativi esistenti e dal sistema di certificazione. Ad esempio, gli aspetti di sicurezza emergono come vincoli trasversali a tutti i settori, sia perché i requisiti variano da nazione a nazione, sia perché le normative non indicano segnatamente procedure per determinare se un oggetto rilavorato è sufficientemente sicuro per essere reimpresso sul mercato. Nello specifico, nel settore degli allestimenti fieristici, le certificazioni di resistenza al fuoco e strutturale dei prodotti differiscono frequentemente, rappresentando un ostacolo per adeguare i prodotti rilavorati a determinati standard. Inoltre, dato l'uso intensivo di prodotti a base legno, la non conformità ai requisiti ignifughi potrebbe rappresentare una barriera significativa per la fornitura di beni rilavorati.

A questi si aggiungono ulteriori ostacoli, caratterizzanti nello specifico i diversi campi di applicazione indagati. Il mercato delle soluzioni edilizie per uffici è dominato dalla logica dei costi: i clienti richiedono soluzioni a basso costo, di conseguenza gli operatori del settore si sforzano di essere economicamente competitivi, non lasciando spazio all'esplorazione di soluzioni innovative meno convenienti delle attuali. Nel settore fieristico, invece, prevalgono i tempi serrati imposti dagli organizzatori di eventi, che

non consentono il corretto smontaggio e recupero dei prodotti, scoraggiano quindi l'introduzione di pratiche circolari per le soluzioni di allestimento. Problema distintivo per l'edilizia di spazi commerciali è infine il volume dei flussi materiali provenienti dai processi di manutenzione e rinnovamento che non è sufficientemente elevato da giustificare nuovi processi industriali, anche a causa della domanda instabile, spesso difficile da prevedere in termini di quantità e tipologia di prodotti.

In termini generali, le architetture terziarie per uffici, spazi espositivi e commerciali si mostrano propense ad abbracciare il modello organizzativo proposto basato su servizi *all-inclusive* e pratiche di *remanufacturing*. A tal fine, preconditione necessaria, ma non sufficiente, è la progettazione di soluzioni concepite come compromesso tra modularità e personalizzazione del prodotto. È infatti ampiamente riconosciuto che la modularità e standardizzazione degli elementi tecnici facilitano i processi di montaggio e smontaggio, il reperimento del prodotto sul mercato, nonché le operazioni di manutenzione e sostituzione e quindi l'estensione della vita utile dei prodotti. I fornitori di soluzioni di allestimento fieristico e, dall'altra parte, i *general contractor* per uffici e spazi commerciali riconoscono la necessità di offrire soluzioni innovative progettate a favore di pratiche circolari. Per questo motivo, l'*ecodesign* e progettazione per il *remanufacturing* sono emerse come attività cruciali per l'attivazione di un modello di business che si propone di includere un insieme di servizi per l'estensione della vita utile del prodotto e per la moltiplicazione dei cicli d'uso.

Riconoscendo la mancanza di risorse e capacità tecniche negli attuali operatori di filiera per svolgere le attività di *remanufacturing*, nuove figure professionali sono chiamate per colmare le principali lacune trasversali, tra cui il *know-how* su sostenibilità, economia circolare ed *ecodesign*, nonché competenze tecniche ed esecutive legate al processo edilizio lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Allo stesso modo, la gestione operativa della logistica inversa dei prodotti risulta essere non coperta dagli attori esistenti, poiché in difetto di risorse da investire o, al contrario, perché non abbastanza incentivati dalle richieste di mercato. Negli eventi fieristici, le gare d'appalto prevedono una serie di requisiti ambientali tali per cui gli allestitori sono chiamati a esplorare in pratica soluzioni circolari, a partire dal recupero dei prodotti tramite servizi di logistica inversa. Simili incentivi potrebbero innescare l'implementazione di queste attività anche nel settore dell'edilizia per uffici e spazi commerciali.

Per concludere, non bisogna trascurare l'emergere di nuove esigenze in ambito normativo da parte degli attori dell'architettura terziaria, riconducibili all'elaborazione di linee guida di supporto, sia procedurali sia metodologiche. Infatti, dato che durante i processi di rilavorazione i prodotti

possono differire in termini di proprietà, forma, funzione e uso, la definizione di regole condivise che permettano di progettare e operare per garantire la continuità d'uso dei prodotti risulterebbe essenziale per comprendere le reali possibilità di rilavorazione delle soluzioni edilizie, indipendentemente dall'attore che svolge le attività di *remanufacturing*. Tale evoluzione normativa dovrebbe essere inoltre rivolta all'apertura di canali di mercati secondari. Dalle esperienze riscontrate sul campo, l'insieme dei prodotti che dopo diversi cicli di utilizzo non sono più considerati riutilizzabili all'interno dello stesso contesto applicativo, possono essere reimmessi sul mercato per raggiungere altri *target* di pubblico. Questa pratica è abilitata dalla predisposizione di spazi fisici, come *outlet*, per la vendita dei prodotti rilavorati a mercati secondari o tramite piattaforme digitali di *e-commerce*, estendendo il business dalla scala locale a potenzialmente globale. Da verificare con attenzione è sempre la sostenibilità delle pratiche lungo l'intera catena del valore, dalla progettazione, produzione, uso al recupero, rilavorazione, redistribuzione per estendere il più possibile i cicli di vita dei prodotti e delle soluzioni edilizie.

6. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul contratto di noleggio

di Nazly Atta*, Sara Ratti**

6.1 Il modello basato sul contratto di noleggio: attori coinvolti, competenze e relazioni di filiera

Il presente capitolo presenta le caratteristiche del modello organizzativo basato sul contratto di noleggio e formule *pay-per-period* con l'obiettivo di promuovere pratiche di *remanufacturing* nel settore edilizio.

Superando logiche lineari "*single-use*", il modello basato sul noleggio consente molteplici consequenziali cicli di utilizzo dei prodotti in ottica "*multiple-use*".

In particolare, il modello organizzativo basato sul contratto di noleggio nasce dalla combinazione di due elementi chiave: l'approvvigionamento di prodotti noleggiabili (ad esempio componenti edilizi e di arredo) e la collaborazione tra due o più attori della catena di approvvigionamento (appaltatori, produttori, trasportatori, installatori, clienti ecc.) coinvolti nelle attività di riparazione/rigenerazione/reinstallazione.

In generale, il modello organizzativo prevede il coinvolgimento di tre principali *key-stakeholder*. Il produttore che, oltre ad essere responsabile delle attività di produzione, svolge anche il ruolo di *remanufacturer* implementando processi di rilavorazione per il recupero del prodotto. Il secondo attore chiave è l'allestitore (in realtà settoriali come quella fieristica) o *general contractor* (per il settore "*office*"), il quale è responsabile della vendita del sistema di prodotti e servizi. Quest'ultimo è in stretta collaborazione con il produttore attraverso accordi di fornitura per sviluppare soluzioni adatte ai suoi clienti. Infine il cliente finale, che rappresenta sia il principa-

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

** Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG), Politecnico di Milano.

le beneficiario della soluzione rigenerata sia la fonte di approvvigionamento del prodotto che verrà rigenerato dopo l'utilizzo.

In particolare, il contratto di noleggio prevede che il produttore sia il soggetto proprietario del bene (es. componenti edilizi, attrezzature, elementi di arredo e finitura, pannellature a secco, ecc.) e che – grazie alla *partnership* con un soggetto allestitore – offra sul mercato l'utilizzo del prodotto per un determinato lasso temporale (noleggio), mantenendo la proprietà del bene stesso. Il periodo del noleggio è variabile e concordato tra utilizzatore del bene (cliente) e fornitore del bene (allestitore), fermo restando che allo scadere di tale periodo il prodotto tornerà al produttore (proprietario). Il costo varia in funzione della durata del noleggio. Difatti, nel modello proposto, il noleggio è remunerato secondo la formula *pay-per-period*, ovvero il cliente paga per l'utilizzo “come servizio” del bene esattamente per il periodo di tempo in cui ne usufruisce. Al termine del periodo di noleggio, il bene tornerà al produttore (*reverse logistics*), che effettuerà eventuali necessarie operazioni di pulizia (riuso) o rimanifattura (*remanufacturing*) per avviare un secondo ciclo d'uso attraverso un nuovo contratto di noleggio.

In Fig. 6.1 è rappresentata la *system map* che riassume simultaneamente i flussi dei principali materiali fisici, i flussi finanziari tra le diverse fasi che compongono il modello organizzativo basato sul contratto di noleggio e i servizi *pay-per-period*. Si riassumono i passaggi più importanti. Il produttore realizza gli elementi che compongono il prodotto finale. L'allestitore propone al cliente finale il prodotto corredato da un insieme di servizi, attraverso una formula di noleggio. I servizi offerti al cliente includono

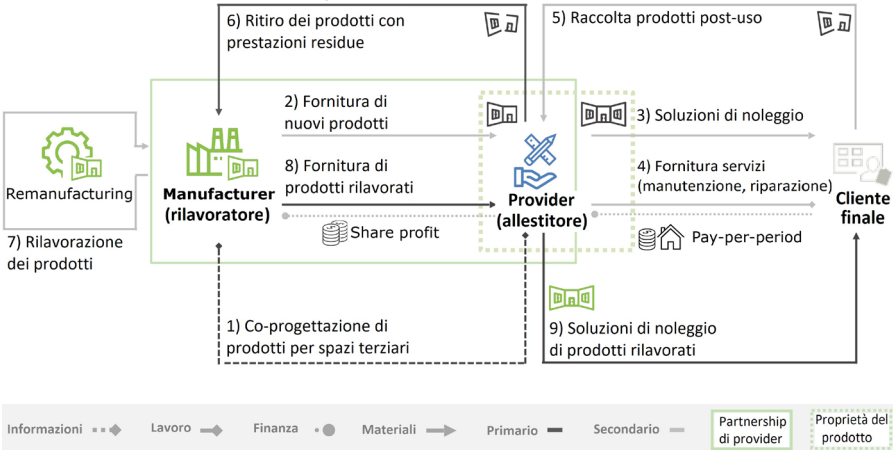


Fig. 6.1 - System map del modello organizzativo “contratto a noleggio a supporto di pratiche di remanufacturing”. Adattato da: Talamo, 2022

servizi di manutenzione e riparazione lungo la durata del noleggio. La proprietà del prodotto è mantenuta dal produttore. Al termine del ciclo di utilizzo del cliente finale, i prodotti sono sottoposti a selezione e recupero da parte dell'allestitore, responsabile della raccolta. Il produttore riceve dall'allestitore il prodotto recuperato. Da questo momento, il produttore è il *remanufacturer*, ovvero la figura che svolge la rilavorazione (*remanufacturing*) dei prodotti ricevuti. I prodotti sono riportati ad una condizione di buona funzionalità e prestazione in modo che possano essere reimmessi nuovamente sul mercato per un altro ciclo di noleggio. In questo modo si rende circolare (*closed-loop*) il modello organizzativo.

Attraverso la collaborazione di filiera tra il soggetto produttore e il soggetto allestitore si rende possibile la commercializzazione dell'offerta di prodotto-servizio sulla base di un contratto di noleggio. Questa offerta permette di massimizzare la durata di vita utile del prodotto, perché da essa dipende la redditività dell'offerta di allestimento: più a lungo il prodotto potrà essere noleggiato e maggiore sarà il guadagno che gli attori "lato offerta" (*supply side*) trarranno da quel prodotto. In questo senso, sono incoraggiate le pratiche di *remanufacturing*, svolte dal produttore, perché orientate a prolungare la durata di vita dei prodotti. Analogamente, la progettazione del prodotto orientata al *remanufacturing* (*design-for-remanufacturing*) gioca un rilevante ruolo nel consentire il riutilizzo consequenziale del prodotto. Elementi caratterizzati da elevata durabilità, manutenibilità, facilità di disassemblaggio e riparabilità saranno propensi a ricevere azioni di rimanifattura e ad essere riutilizzati nel tempo. In questo senso, l'offerta di prodotti a noleggio, senza alcun trasferimento di proprietà ai clienti, è finalizzata a sensibilizzare sia i produttori che i fornitori verso la co-progettazione e la produzione di prodotti caratterizzati da elevata durabilità e manutenibilità, facilitando molteplici cicli di utilizzo reiterati del prodotto prima di raggiungere il fine di vita utile (prestazione residua non sufficiente per il recupero). Mantenendo le risorse integrate nei prodotti e garantendo cicli di utilizzo multipli, questo modello può portare nel tempo vantaggi sia ambientali che economici.

Alla luce di tali premesse, la relazione di *partnership* tra produttore e allestitore diventa di fondamentale importanza ai fini del buon esito del modello. Il modello organizzativo presentato, oltre a richiedere la presenza di una stabile relazione tra produttore e allestitore, prevede l'alta qualificazione del produttore in grado di eseguire pratiche di *remanufacturing* dei prodotti e offrire un prodotto rilavorato competitivo per qualità e costo sul mercato. Inoltre, dal momento che l'attività di *remanufacturing* prevista è svolta a monte nella filiera, il modello organizzativo è meno adatto per tipi di prodotti caratterizzati da un ciclo di utilizzo ad alta intensità e da un alto livello di personalizzazione.

6.2 Campi di applicazione e nuovi mercati per il noleggio

Al fine di testare e validare il modello proposto al paragrafo precedente, il progetto Re-NetTA ha coinvolto un campione di 27 *stakeholder* del settore delle architetture terziarie (incluso *office*, *retail* ed *exhibition*) operanti nell'area geografica di riferimento del progetto, ovvero la Regione Lombardia, in attività quali *workshop*, tavole rotonde e *focus group* (Stagi, 2000; Acocella, 2005). Tali attività sono state organizzate seguendo il principio di complementarità dei ruoli al fine di coprire l'intera filiera all'interno di ciascun gruppo di lavoro. Gli attori coinvolti sono afferenti alle seguenti categorie:

- settore espositivo-fieristico (*exhibition*): progettisti, allestitori, produttori e venditori;
- settore *office*: progettisti, noleggiatori, produttori, allestitori o *general contractor*, associazioni di categoria, manutentori;
- settore *retail*: progettisti, produttori, venditori, allestitori o *general contractor*, artigiani e operatori terzo settore.

I seguenti paragrafi riportano il punto di vista degli *stakeholder* rispetto al modello basato sul contratto di noleggio, presentato al paragrafo 6.1, al fine di valutarne la fattibilità di implementazione nel settore terziario (*office*, *retail* ed *exhibition*) e comprenderne punti di forza e debolezza, opportunità, barriere e potenziali leve.

6.2.2 Il contratto di noleggio nel settore espositivo e fieristico

Nel settore espositivo-fieristico il modello basato sul noleggio rappresenta una prassi largamente diffusa. Gli attori intervistati – con particolare riferimento ad allestitori e produttori – hanno unitamente confermato che generalmente le aziende allestitrici mantengono la proprietà dei prodotti allestiti, basando il proprio *business* sul riuso consequenziale dei prodotti (cicli di utilizzo multipli).

Pratiche circolari basate sul riutilizzo e sul contratto di noleggio a breve-termine sono ormai consolidate nel settore fieristico. Gli attori riportano come già nel 2012 – con l'introduzione da parte dell'ISO (*International Standardization Organization*) dello standard ISO 20121:2012 “*Event Sustainability Management Systems*” (ISO 20121: 2012; 2024) – il settore ha iniziato a sperimentare modelli organizzativi e soluzioni progettuali orientate alla sostenibilità e al riuso al fine di favorire un consumo più responsa-

bile nelle fiere e negli eventi espositivi. Inoltre, lo standard ISO 20121, analizzando tutte le fasi della catena di fornitura di un evento e proponendo per ciascuna di esse una serie di linee guida per il monitoraggio e la misurazione delle performance ambientali, ha spostato l'attenzione sulle ultime fasi del ciclo di vita dei prodotti e "responsabilizzato" la progettazione rispetto ad obiettivi di sostenibilità e circolarità nelle fasi di uso ed *end-of-life*. Da quanto emerso nelle tavole rotonde, produttori, progettisti e allestitori operanti nel settore già da tempo sperimentano soluzioni innovative circolari a scala di prodotto e processo al fine di ridurre e/o prevenire la produzione di rifiuti in uscita dal settore fieristico. In particolare, rispetto alla quantità di rifiuti prodotti – che rimane significativa nonostante le virtuose strategie di prevenzione e riutilizzo – e in relazione all'implementazione del modello proposto al paragrafo 6.1, i soggetti intervistati identificano alcune barriere ricorrenti:

- tempi brevi di smontaggio spesso non consentono il recupero di materiali per il riuso. Gli eventi fieristici o espositivi in genere sono caratterizzati da tempistiche dedicate allo smontaggio molto brevi. In questo lasso di tempo estremamente limitato spesso non è possibile dedicare sufficiente cura e attenzione alle attività di disassemblaggio, utili al fine di recuperare i componenti senza danneggiare i componenti stessi e le parti circostanti ad essi connesse. In un periodo limitato di tempo diventa difficile poter disassemblare tutte le connessioni, prelevare e porre con cautela sui mezzi di trasporto tutti i componenti dello *stand*. A tal riguardo, diventano attualmente di grande utilità strumenti di supporto informativo alle fasi di smontaggio e rimontaggio, quali ad esempio manuali d'uso e piani di disassemblaggio;
- barriera normativa. Tale barriera può ricevere una duplice lettura. Da un lato l'esigenza di "ri-certificare" prodotti e componenti di riuso diventa spesso un deterrente a pratiche di riuso. Dall'altro lato, le caratteristiche di prodotti e componenti originali che hanno ricevuto una certificazione, come ad esempio quella relativa alla resistenza al fuoco, spesso limitano le possibilità di trattamento o rilavorazione degli elementi stessi. Ad esempio, l'obbligo di utilizzare solo materiali ignifughi per le strutture espositive di una fiera non è sempre compatibile con i temi della sostenibilità. Tra i possibili esempi, si riporta il caso dei pannelli in MDF e altri pannelli truciolari di legno: processi di finitura come, ad esempio, la verniciatura per l'obbligatorio trattamento ignifugo possono trasformare questi materiali in rifiuti speciali non riciclabili o rilavorabili;
- scarsa interazione trasversale tra "filieri di prodotto" differenti. Nel settore fieristico, fornitori e subappaltatori sono spesso affiliati alle ri-

spettive filiere settoriali (alluminio, legno, PVC), organizzate secondo i codici ATECO, e l'interazione trasversale e la collaborazione tra operatori spesso viene meno. I soggetti intervistati ravvedono la possibilità di istituire un consorzio per il riuso inteso come rete sinergica di soggetti portatori di *know-how* e competenze complementari, includendo anche clienti ed utenti finali, utile a facilitare processi virtuosi di co-progettazione e l'implementazione di processi circolari basati su riuso e rilavorazione.

6.2.1 *Il contratto di noleggio nel settore degli immobili ad uso ufficio*

Dalle tavole rotonde è emerso che, contrariamente a quanto accade nel settore fieristico, nel settore “uffici” le pratiche di noleggio di elementi (tecnici, di finitura e arredo) non rappresentano una prassi diffusa e consolidata. Tuttavia, le caratteristiche peculiari del settore lo rendono un terreno estremamente fertile per la sperimentazione di pratiche circolari e di modelli contrattuali basati su *renting* e *leasing*, quindi sul noleggio a medio-lungo termine di componenti. Difatti, nel corso delle tavole rotonde, gli *stakeholder* intervistati del settore *office* coinvolti nel progetto Re-NETTA hanno dichiarato che la frequenza di attività di *re-styling* degli spazi di lavoro per motivi legati al *re-branding* e a strategie di *marketing* è solitamente biennale o triennale, pur coinvolgendo componenti (es. arredo, divisori, pareti attrezzate, allestimenti interni assemblati a secco, ecc.) che hanno una durata prestazionale di almeno 10/15 anni. Tale dato è confermato dai grandi quantitativi di componenti obsoleti, ancora performanti e in grado di svolgere la loro originaria funzione, che vengono annualmente dismessi e convogliati a discarica sul territorio nazionale. Secondo quanto riportato dai soggetti intervistati, tra questi componenti vi sono principalmente elementi in cartongesso, moquette, pannelli del controsoffitto, pareti attrezzate, partizioni trasparenti (in vetro), profili metallici e componenti di arredo. Inoltre, queste soluzioni – specificatamente sviluppate per edifici adibiti a ufficio – sono solitamente caratterizzate da materiali ad alto valore e da metodi di assemblaggio a secco, risultando quindi facilmente smontabili.

Per di più, dopo la pandemia Covid, si è registrata una crescita della domanda da parte delle imprese di attività di riconfigurazione degli spazi interni. Queste ultime nel prossimo futuro potrebbero comportare un aumento di processi di demolizione e nuova costruzione nel settore degli uffici, con conseguente produzione di rifiuti e domanda di nuovi componenti edilizi. In questo contesto, assume una significativa importanza la sperimenta-

zione sinergica di modelli circolari orientati: (i) all'implementazione di pratiche di riuso e *remanufacturing* di componenti obsoleti ad alto valore con l'obiettivo di sfruttare le *performance* residue dei componenti stessi e (ii) alla progettazione di nuovi componenti reversibili che rispondano alla nuova domanda di flessibilità e facile riconfigurazione degli *office indoor-layout*.

Già da tempo esistono strumenti di supporto per gli operatori del settore uffici, come ad esempio le linee guida fornite dall'Unione Europea nell'ambito dello strumento "*Green Public Procurement*", con particolare riferimento al documento "*Criteria for Office Building Design, Construction and Management*" (EU, 2016), introdotto nel 2016 e recentemente aggiornato nel 2023 alla luce degli obiettivi del *Green Deal* [COM(2019) 640]. Tale documento fornisce criteri di valutazione degli impatti ambientali e requisiti di sostenibilità e circolarità relativi alla fornitura di prodotti, servizi e opere di costruzione/demolizione nell'ambito degli edifici pubblici per uffici. L'obiettivo ultimo è quello di integrare obiettivi di sostenibilità ambientale e circolarità nei processi decisionali riguardanti l'acquisto di prodotti/servizi/opere riflessioni, in ottica di *Life Cycle Assessment* (LCA) e *Life Cycle Costing* (LCC).

Alla luce di queste premesse, tra le principali barriere all'implementazione di processi di riuso e rilavorazione evidenziate durante le tavole rotonde dagli *stakeholder* del settore "uffici" vi sono:

- scarsa valutabilità di procedure e processi di riuso e *remanufacturing* in termini di *performance*, costi e domanda. Gli attori intervistati affermano che i processi di *upgrading* di prodotti e componenti, di scarto dai processi di *re-branding* e *re-layout*, sono difficilmente valutabili in termini di tempi, costi, logistica e domanda. Tale incertezza rappresenta una barriera e un tema ancora aperto per gli operatori del settore. Gli operatori intervistati sottolineano dunque l'esigenza di sviluppare strumenti analitici accurati e attendibili, comuni e condivisi per la valutazione della fattibilità tecnico-economica dei processi di riuso e *remanufacturing* – i quali a regime potrebbero condurre alla creazione di nuove opportunità di *business* e posti di lavoro nei sistemi economici locali, migliorando significativamente i risultati ambientali ed evitando il conferimento a discarica e i relativi impatti e costi;
- alta personalizzazione (*branding*) dei prodotti. Gli *stakeholder* intervistati convergono nell'affermare che spesso i processi di riuso e rilavorazione sono ostacolati dall'alto livello di personalizzazione e dalla "riconoscibilità del *brand*" degli elementi. Per ragioni legate alla "immagine aziendale" nell'allestimento dell'ufficio (Cat B) si richiede spesso l'utilizzo di colori, materiali e forme altamente personalizza-

ti, spesso incompatibili con il riutilizzo. Inoltre, come sottolineato dagli *stakeholder* intervistati, per ragioni legate alle *policy* aziendali, componenti personalizzati che presentano loghi o altri elementi di riconoscibilità del *brand* di appartenenza non sempre possono essere riutilizzati in altri contesti. Pertanto, le pratiche di riuso in questo settore – ove possibili – sono altamente sperimentali e demandate ai soggetti demolitori. Difatti, solo alcuni elementi solitamente non personalizzati, serigrafati o contraddistinti da loghi e allo stesso tempo caratterizzati da elevato valore economico (ad esempio legno strutturale o pareti divisorie in vetro ad alte prestazioni, componenti di arredo ad alto valore, ecc.) vengono mantenuti dai demolitori/disassemblatori per essere riutilizzati – ed eventualmente riparati o ridimensionati – per poi essere impiegati in lavori futuri;

- ricertificazione dei prodotti post-uso e post-rilavorazione. L'obbligo di certificazione dei prodotti spesso dissuade gli *stakeholder* dall'implementare pratiche di riuso. I prodotti reimpiagati o re-immessi sul mercato devono seguire le disposizioni della normativa di settore e, per alcune categorie di prodotto e destinazioni d'uso, diventa indispensabile attivare un processo di ri-certificazione. Tale processo, caratterizzato da alti costi, rappresenta spesso un significativo ostacolo che – come emerso dalle tavole rotonde – porta gli *stakeholder* a optare per l'acquisto di nuovi componenti;
- trasferimento della proprietà. Una ulteriore barriera emersa dal dibattito con gli *stakeholder* risiede nella questione della proprietà (*ownership*) nell'ambito di modelli basati sul noleggio. Difatti, è emerso che le formule *pay-per-period* sono di difficile applicazione: generalmente i produttori vendono – e non noleggiano – i prodotti agli allestitori a causa dell'elevata personalizzazione (*branding*) richiesta in questo settore. Solitamente la proprietà dei componenti di arredo resta del cliente;
- competitività economica di prodotti usati/rilavorati rispetto a prodotti nuovi. La discriminante per l'implementazione di pratiche di riuso e rilavorazione – secondo gli *stakeholder* intervistati – è il costo finale dei prodotti rigenerati: a parità di qualità, dovrebbe essere dimostrato un vantaggio economico legato all'utilizzo di prodotti rilavorati.

6.2.3 Il contratto di noleggio nel settore retail

Con riferimento al settore *retail*, gli *stakeholder* intervistati (principalmente associazioni di categoria e fornitori) affermano che nel settore del commercio al dettaglio non vi sono prassi consolidate di riciclo o riuso di

componenti. La crescente sensibilità degli operatori del settore *retail* ha negli ultimi anni condotto a prime sperimentazioni volte a trasporre pratiche di riciclo e riuso dal settore *exhibition* al settore *retail*. Rispetto agli obiettivi di circolarità, gli *stakeholder* intervistati focalizzano l'attenzione su alcune potenzialità e barriere. In particolare, tra le potenzialità del settore verso l'implementazione di strategie circolari, i soggetti intervistati menzionano:

- tempi di rinnovo frequenti comportano elevata obsolescenza. Per *policy* aziendali le attività di *re-styling* di negozi, soprattutto nell'ambito di contratti di *franchising*, hanno frequenza periodica. Pertanto, sarebbero prevedibili le quantità e i volumi di elementi di scarto obsoleti – ancora performanti – disponibili per riuso, rilavorazione e riciclo;
- soluzioni “a secco” ed elementi modulari con dimensioni standardizzate. Gli operatori intervistati sottolineano come, soprattutto nel caso di negozi in *franchising*, vengono spesso impiegate soluzioni a secco facili da rimuovere o sostituire;
- noleggio a breve e lungo termine. In alcuni casi, principalmente nel caso di negozi in *franchising*, i componenti di allestimento e arredo sono oggetto di contratti di noleggio a breve o lungo termine, a seconda delle disposizioni delle *policy* aziendali in tema di *re-styling*. Pertanto, seppur non ancora consolidato e diffuso, il modello di noleggio potrebbe essere percorribile e avere durate allineate alle *policy* aziendali in materia di “*brand refreshing*” e “*shop re-styling*”.

Rispetto a questo quadro di opportunità, dalle tavole rotonde sono emerse alcune barriere all'implementazione di processi circolari nel settore *retail*, assimilabili in linea di massima a quelle individuate per il settore *office*. In particolare:

- personalizzazione delle soluzioni. Anche nel settore del *retail* l'elevata personalizzazione di prodotti di finitura e arredo rappresenta una barriera a possibili processi di riuso. A causa dell'elevata personalizzazione delle soluzioni di allestimento di negozi e spazi *retail*, solo alcuni elementi non “brandizzati” o non riferibili direttamente a marchi possono essere re-impiegati. Come sottolineato dagli *stakeholder* intervistati, questo vale soprattutto per il campo del “lusso”, in cui sono gli accordi stessi tra cliente e allestitore ad impedire il riutilizzo di componenti che rendono riconoscibile l'appartenenza degli stessi ad una certa azienda;
- barriera normativa e obblighi di ricertificazione dei prodotti post-uso. Analogamente a quanto osservato nel settore *office*, i tempi e costi ele-

- vati dei processi di ri-certificazione dei prodotti post-uso richiesti dalla normativa di settore – con particolare riferimento alla normativa in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro – spesso scoraggiano gli operatori, i quali preferiscono optare per l’acquisto di un prodotto nuovo (modello lineare);
- incertezza su tempi e costi dei processi circolari di riutilizzo. Anche laddove si rendono possibili pratiche circolari, resta la scarsa valutabilità di procedure e processi di riuso e *remanufacturing* in termini di *performance*, costi e domanda. Gli *stakeholder* intervistati affermano che, seppur fattibili tecnicamente, i processi di *upgrading* di elementi per l’allestimento di vetrine e negozi – di scarto dai processi di *re-branding* e *re-layout* – sono spesso difficilmente valutabili in termini di tempi, costi, logistica e domanda. Tale incertezza ostacola la sperimentazione di processi virtuosi orientati al riciclo. Inoltre, il volume dei flussi materici provenienti dai processi di *re-branding* e *re-layout* spesso non è sufficientemente elevato da giustificare l’implementazione di pratiche di rilavorazione. Un supporto in questo senso potrebbe essere rappresentato da strumenti analitici di calcolo per la stima di costi, tempi e impatti, per comprendere la reale fattibilità dei processi di riuso e *remanufacturing*.

6.3 Opportunità, barriere e leve: il punto di vista degli *stakeholder*

Sulla base di quanto appreso dal dialogo con gli *stakeholder* (Par. 6.2) operanti nel campo delle architetture terziarie – con particolare riferimento a spazi uffici, espositivi e di vendita al dettaglio – si riassumono le principali opportunità, barriere e leve all’applicabilità del modello organizzativo basato sul noleggio.

In primo luogo, è possibile osservare come la formula contrattuale del noleggio sia una pratica ancora del tutto sperimentale nelle realtà dei settori *office* e *retail*. Al contrario, soluzioni *pay-per-period* rappresentano una prassi consolidata nel settore fieristico, sicuramente favorite dalla presenza di *partnership* commerciali di lungo termine tra allestitore e cliente. Nell’ambito di accordi quadro, l’allestitore noleggia per cicli multipli le soluzioni di allestimento allo stesso cliente, concretizzando così processi di logistica inversa (*reverse logistics*).

Molteplici sono le “opportunità” identificate approfondendo le dinamiche di filiera e le tendenze di mercato all’interno dei tre settori di *business* indagati. Primo tra tutti il settore *office*, fortemente interessato da

processi di riconfigurazione spaziale e distributiva a fronte delle nuove modalità di lavoro agile e *smart* che la pandemia Covid ha forzatamente introdotto. Difatti, come testimoniato dagli operatori del settore intervistati, si registra una crescita della domanda di riconfigurazione degli spazi interni di uffici ed *headquarter*, con conseguente produzione di rifiuti e domanda di nuovi componenti edilizi. In questo contesto, si concretizza per gli operatori del settore l'opportunità di introdurre pratiche circolari, in ottica di riduzione dell'impronta ambientale degli edifici per uffici e incremento della competitività aziendale. L'attenzione ai protocolli di valutazione degli impatti ambientali è crescente anche nei settori fieristico e di vendita al dettaglio (*retail*), dove sia a livello nazionale sia internazionale, nell'ambito delle gare d'appalto per grandi commesse i documenti di capitolato già integrano requisiti e specifiche di sostenibilità ambientale e circolarità per materiali, prodotti, servizi ed opere. In questo modo, le pratiche di circolarità (riuso, *remanufacturing*, ecc.) diventano fattori premianti e concorrenziali per le aziende fornitrici di prodotti e servizi, incoraggiate a sperimentare.

Se da un lato tali opportunità dovrebbero incentivare l'implementazione delle pratiche circolari basate sul riuso, dall'altro lato, dal dialogo con gli *stakeholder* è emerso un quadro di pratiche perlopiù sperimentali – fatta eccezione per il settore fieristico – che ancora fatica a consolidarsi. Difatti, come emerge dalle osservazioni settoriali messe in luce al Par. 6.2, sono diverse le barriere che attualmente ostacolano l'ampia adozione di soluzioni di riuso basate su contratti *pay-per-period* nel settore delle architetture terziarie.

Tra le barriere condivise tra tutti i settori analizzati (*exhibition, retail, office*) vi è l'elevata personalizzazione del prodotto. I clienti richiedono sempre più prodotti personalizzati e “brandizzati” in grado di soddisfare le esigenze di riconoscibilità dell'immagine aziendale. D'altro canto, produttori e allestitori, in regime di concorrenza, si trovano a dover rispondere a tali esigenze. Questa tendenza, tuttavia, rappresenta un considerevole ostacolo alle pratiche di riuso basate su contratti di noleggio. Un'altra barriera condivisa che spesso risulta determinante è relativa alle disposizioni normative in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro e alle certificazioni di sicurezza e sostenibilità dei prodotti. In particolare modo, dal dialogo con gli *stakeholder* è emerso quale significativo *gap* la mancanza di procedure standardizzate utili a determinare se un prodotto post-uso o rilavorato è sufficientemente “sicuro” per essere reimpresso sul mercato.

A queste condizioni limitanti si aggiungono anche barriere legate alle specificità dei diversi settori analizzati. Ad esempio, nel settore fieri-

stico i tempi serrati di smontaggio imposti dagli organizzatori di eventi non consentono il corretto disassemblaggio e recupero dei prodotti, minando l'implementazione di pratiche circolari di riuso per le soluzioni di allestimento. Nel settore *office* invece una delle più significative barriere è rappresentata dai costi delle attività di rilavorazione. I clienti richiedono soluzioni a basso costo che spesso non lasciano spazio alla sperimentazione di pratiche circolari. Per il settore *retail*, la principale barriera emersa riguarda i volumi dei prodotti derivanti da processi di rinnovo – quindi disponibili per riuso e *remanufacturing*. Tali volumi sono difficili da prevedere e, comunque, non sufficienti per giustificare lo sviluppo di nuovi processi di rilavorazione. Tale situazione è ulteriormente aggravata dall'incertezza rispetto alla domanda di prodotti post-uso e rilavorati, difficile da prevedere in termini di quantità, tempistiche di disponibilità e tipologia di prodotti.

A partire dalla combinazione delle barriere e dalle opportunità evidenziate, le principali leve per facilitare la diffusione di tali pratiche riguardano:

- linee guida per la progettazione di soluzioni di allestimento secondo logiche di “*design for circularity*”. Punto fermo per tutti i settori verso la fattibilità delle pratiche di riuso è la progettazione di soluzioni modulari e standardizzate, in grado di facilitare le attività di smontaggio e rimontaggio, le operazioni di manutenzione e il reperimento della soluzione e delle sue componenti sul mercato in caso di necessarie sostituzioni. L'adozione di approcci di *life-cycle thinking*, *ecodesign* e *design-for-remanufacturing* nell'attività di progettazione di prodotto consente infatti di sviluppare soluzioni che ben si prestano ad essere commercializzate attraverso un contratto di noleggio, con riutilizzi consequenziali per molteplici cicli d'uso. Per consentire un riutilizzo multiplo e la possibilità di rilavorazione, è necessario infatti impiegare materiali durevoli, prodotti ad elevata manutenibilità e tecnologie che favoriscono il disassemblaggio dei componenti. Solo raggiungendo un compromesso tra i principi del *design-for-circularity* (modularità, standardizzazione, manutenibilità, durabilità, facilità di smontaggio, ecc.) e la personalizzazione del prodotto richiesta dai clienti, soprattutto in settori quali *office* e *retail*, potranno crearsi le precondizioni per implementare il modello basato sul noleggio;
- aggiornamento del quadro normativo con *focus* su riuso e *remanufacturing*. Una leva significativa all'attivazione di modelli circolari basati sul noleggio è sicuramente quella normativa. In primo luogo, tutti gli operatori intervistati concordano sulla necessità di una revisio-

ne del quadro normativo di riferimento al fine di introdurre e definire nuove procedure e nuovi ruoli per certificare i prodotti post-uso e rilavorati. Inoltre, un'azione strategica dell'Unione Europea per allineare le classi di resistenza al fuoco in tutti i Paesi europei promuoverebbe offerte circolari in modo trasversale a scala europea. Ulteriore leva è rappresentata dalla diffusione delle certificazioni di sostenibilità ambientale e circolarità nelle gare di appalto. L'ottenimento di certificazioni sull'ecosostenibilità di prodotti e soluzioni (inclusi gli *standard* volontari ISO, es. ISO 20887) potrebbe essere criterio premiante per le aziende allestitrici nelle gare di appalto, in ottica di *green procurement*;

- sviluppo di soluzioni di tracciabilità del prodotto e strumenti di valutazione dei costi di rilavorazione. L'aumento della tracciabilità delle informazioni lungo l'intero ciclo di vita del prodotto rappresenta una leva importante per facilitare la diffusione di pratiche circolari basate su contratti *pay-per-period*. Difatti, i sistemi di tracciabilità consentono di monitorare il prodotto e i suoi profili di utilizzo attraverso la registrazione nel tempo di informazioni quali: caratteristiche originarie del prodotto (a partire ad es. da schede tecniche, dichiarazioni e certificazioni di prodotto), vita utile attesa, interventi di manutenzione e/o rilavorazione condotte sul prodotto, numero di cicli di utilizzo, profili di degrado, prestazioni residue, ecc. Diverse sono oggi le tecnologie digitali che supportano e facilitano la tracciabilità dei prodotti nel loro ciclo di vita, come ad esempio strumenti di modellazione 3D (*Building Information Modeling – BIM*), sensoristica (*Internet of Things – IoT*), archivi digitali di prodotto (*Digital Product Passport – DPP*) e piattaforme informative digitali (*data visualization software*). Lo sviluppo di un sistema di monitoraggio consentirebbe, inoltre, di quantificare i flussi di prodotti disponibili per il riuso. Conoscendo con opportuno anticipo le tempistiche di disponibilità di prodotti a fine ciclo di utilizzo, unitamente alle loro prestazioni residue e ai loro potenziali usi, produttori e allestitori sarebbero incentivati ad attivare processi di rilavorazione. Parallelamente, si rendono necessari strumenti analitici di valutazione dei costi legati alle attività di *remanufacturing*. L'introduzione di nuovi metodi e strumenti volti a comprendere la fattibilità tecnico-economica delle pratiche circolari di rilavorazione, come sottolineato dagli *stakeholder* intervistati, si rende sempre più necessaria al fine di informare e supportare i processi decisionali.

Bibliografia

- Acocella I. (2005), *L'uso dei focus groups nella ricerca sociale: vantaggi e svantaggi. Quaderni di sociologia*, vol. 37, pp. 63-81.
- COM(2019) 640, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “The European Green Deal”. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF.
- EU (2016) EU GPP, Criteria for Office Building Design, Construction and Management (Commission Staff Working Document). Available at: <https://circabc.europa.eu/ui/group/44278090-3fae-4515-bcc2-44fd57c1d0d1/library/862af61d-a410-4baa-a7b9-22273623db57/details>.
- ISO 20121:2012, Event Sustainability Management Systems. Requirements with Guidance for Use.
- ISO 20121:2024, Event Sustainability Management Systems. Requirements with Guidance for Use.
- ISO 20887:2020, Sustainability in Buildings and Civil Engineering Works. Design for Disassembly and Adaptability. Principles, requirements and guidance.
- Stagi L. (2000), *Il focus group come tecnica di valutazione. Pregi, difetti, potenzialità. Rassegna italiana di valutazione*, vol. 20, pp. 61-82.
- Talamo C. (Eds) (2022), *Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures: Innovative Organizational Models Towards Circularity*, FrancoAngeli, Milano.

7. Nuovi paradigmi organizzativi per il riuso e il remanufacturing nel settore edilizio: il modello basato sul mercato secondario di prodotti recuperati

di Salvatore Viscuso*, Luca Macrì**

7.1 Il modello basato sul mercato secondario di prodotti recuperati: attori coinvolti, le competenze, le relazioni di filiera

Il capitolo presenta le caratteristiche di un modello organizzativo volto a promuovere dinamiche circolari attraverso l'impostazione di una filiera che identifichi i mercati alternativi/secondari come potenziali destinazioni di prodotti oggetto di rimanifattura.

Nei capitoli precedenti sono stati proposti due modelli che prefigurano l'estensione del ciclo di vita di un prodotto all'interno dello stesso settore: il primo modello intende fornire un insieme di servizi per l'estensione della vita utile di un prodotto di proprietà di un singolo cliente, attraverso una strategia di fidelizzazione (rif. capitolo 5), mentre il secondo mira a facilitare una serie di cicli di utilizzo di un prodotto attraverso contratti di noleggio (rif. capitolo 6).

Il modello organizzativo presentato in questo capitolo è applicabile a componenti e sistemi che: i) non possono essere riutilizzati per lo stesso scopo e/o nello stesso campo di applicazione, ii) derivano da brevi cicli di utilizzo, iii) sono (parzialmente) in buone condizioni e con un valore residuo. Costituiscono un esempio i materiali per allestimenti personalizzati, non direttamente adattabili ad un secondo utilizzo (ad esempio, a causa di dimensioni non standardizzate), e i prodotti per uffici e negozi legati a uno specifico marchio. Il modello organizzativo proposto può essere utile principalmente per il *retail*, l'esposizione e gli uffici, caratterizzati da frequenti *re-layout* (legati a eventi temporanei, *rebranding* di spazi commerciali temporanei o luoghi di lavoro in continua evoluzione). In questi casi, i pro-

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

** Spark Reply, Reply SpA.

dotti sono fortemente caratterizzati dall'identità del marchio, e non facilmente riacquistabili da altri clienti dello stesso settore.

La nuova vita dei prodotti nei mercati alternativi o secondari può riguardare lo stesso uso o altre funzioni, ma applicate in un settore diverso, come quello residenziale (mercato alternativo), o in un settore a basso reddito, come l'edilizia sociale (mercato secondario). In caso di riutilizzo, il prodotto può essere immesso nei mercati sopra citati mantenendo lo standard originario e svolgendo la stessa funzione (ad esempio, una porta venduta come tale con lo stesso aspetto e le medesime caratteristiche della prima vita). Nel caso di rigenerazione, il prodotto può essere immesso sul mercato alternativo/secondario, per lo stesso scopo di quello originale, ma mediante un *restyling* dell'immagine di partenza o mediante modifiche alle sue forme o dimensioni (ad es., una porta venduta con aspetto e caratteristiche diverse rispetto a quelle originarie, con nuovi colori, temi personalizzati, ecc.). In caso di rilavorazione, l'articolo può essere immesso sul mercato alternativo/secondario dopo una modifica della funzione originaria (riferendosi sempre alle porte, alcune parti di un'anta possono essere disassemblate e utilizzate come piani di appoggio).

Il valore del prodotto nel mercato secondario può essere influenzato da alcune condizioni quali: la consapevolezza e la sensibilità del cliente alle tematiche ambientali; il suo minor costo post-consumo rispetto a quello di uno nuovo simile; la peculiarità di un prodotto unico e caratterizzato (nel caso di rigenerazione o di rimanifattura funzionale mediante lavorazione artigianale). Il produttore originario (o colui che si occupa dell'allestimento, nel caso del settore fieristico) potrebbe essere interessato a queste nuove opportunità di mercato per aumentare il proprio reddito. In caso contrario, uno scenario di questo tipo può diventare una nuova opportunità di business per i *re-manufacturer*, che possono creare relazioni con i potenziale fornitori di prodotti di scarto da rifabbricare (in un'ottica *win-win*).

Il modello organizzativo proposto considera dunque un'estensione multipla del ciclo di vita del prodotto, pianificandone la gestione della fase vitale conclusiva mediante la sua rilavorazione. Pertanto, in questo caso, il prodotto (derivato da una prima fine di vita utile) può essere riprogettato per essere ulteriormente recuperato a conclusione della seconda vita utile (ad esempio, ripensato per il disassemblaggio, rielaborato con pellicola decorativa rimovibile e sostituibile). In questo scenario, i produttori sono quindi interessati a mantenere un rapporto con l'acquirente nel tempo e a riprendere in consegna il prodotto a fine seconda vita (per convertirlo facilmente in un nuovo articolo da vendere). I clienti possono essere fidelizzati mediante la restituzione di un deposito al momento della riconsegna dei prodotti.

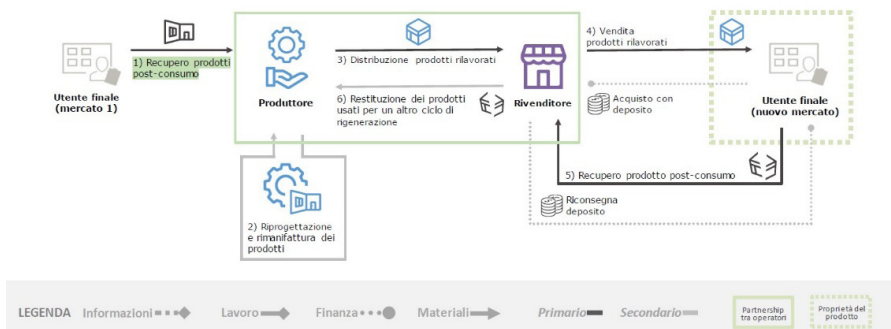


Fig. 7.1 - Mappa di sistema del modello organizzativo basato sui mercati alternativi/secondari per i prodotti rilavorati

Il modello organizzativo evidenzia le possibili relazioni instaurabili tra il *re-manufacturer* e il rivenditore commerciale. Secondo quanto descritto in Figura 7.1, il produttore può intercettare i prodotti destinati a diventare rifiuti prima del loro smaltimento, ha le capacità tecniche per realizzare i processi di rimanifattura relativi ai prodotti, e trasforma autonomamente prodotti per mercati alternativi/secondari. Il rivenditore commerciale dovrebbe essere l'intermediario tra il produttore e i nuovi clienti: vende il prodotto, mantiene il rapporto con il cliente (in qualità di intermediario) e rimane la figura di riferimento per la restituzione dei prodotti al termine della loro vita utile, gestendo la restituzione di un deposito (*take-back agreement*).

Questo modello è stato validato in relazione a tre diversi settori (fieristico, ufficio e *retail*) attraverso molteplici incontri e seminari che hanno coinvolto diversi *stakeholder*. L'interazione tra gli attori ha permesso di individuare la rete necessaria per l'attivazione del modello organizzativo proposto. L'indagine ha permesso di definire i ruoli, le competenze, le abilità e le relazioni degli operatori.

7.2 Campi di applicazione e nuovi mercati per i prodotti recuperati

7.2.1 Settore espositivo

Il modello organizzativo proposto considera la possibilità di effettuare azioni circolari su prodotti derivati dal settore fieristico, con l'obiettivo di collocarli sul mercato alternativo o secondario, con le stesse o altre possibili funzioni.

Tra i prodotti espositivi post-consumo possono essere annoverati i materiali stoccati nei magazzini, con proprietà tecniche e valore residui, che, tuttavia, non possono più essere venduti o noleggiati per i padiglioni delle esposizioni a causa del loro elevato grado di personalizzazione (es. pannelli pubblicitari, pareti divisorie pensate ad hoc per gli stand, tappeti, scampoli di prodotti provenienti da allestimenti fieristici o di catering, ancora in buone condizioni, ma non utilizzabili per ulteriori eventi in quanto non più idonei).

L'indagine considera l'allestitore (ossia l'operatore che produce e fornisce materiali espositivi) come un attore proattivo per la rimanifattura di prodotti, già propri o provenienti da altre aziende fornitrici.

Per valutare le potenzialità e le criticità di questo modello, un gruppo di stakeholder, in rappresentanza della categoria degli allestitori per eventi e mostre temporanee, tra cui i progettisti e i produttori, è stato coinvolto in due tavole rotonde. Durante gli incontri, gli stakeholder sono stati invitati a confrontarsi sui seguenti temi: i) la capacità dell'allestitore di svolgere autonomamente l'attività di rigenerazione; ii) il suo interesse ad aprire nuovi business verso altri settori (all'interno e all'esterno dell'ambito delle costruzioni); iii) la fattibilità della logistica inversa, per collocare i prodotti a fine vita in altri settori; iv) il livello di complessità nello stabilire una relazione tra ricostruttore e progettista durante il processo di riprogettazione dei prodotti; v) l'individuazione di un mercato promettente per l'accoglienza di prodotti rigenerati/riconvertiti (dal settore fieristico); vi) l'interesse del settore fieristico a riutilizzare prodotti secondari o a ricevere materiali provenienti da altri contesti.

Il confronto con gli operatori ha evidenziato come il modello organizzativo abbia una buona applicabilità nel settore fieristico, in quanto gli allestitori hanno già le competenze tecniche, il personale e le attrezzature per svolgere un potenziale ruolo di *re-manufacturer*. Alcune best practice di rigenerazione sono già state testate da alcuni pionieri dell'allestimento. Infatti, molti utilizzano già soluzioni creative per rielaborare prodotti e rendere possibile un loro riutilizzo nello stesso settore (altre fiere, eventi). Questa pratica è vantaggiosa perché permette di estendere il valore economico dei prodotti e di evitare il più possibile i costi di discarica.

Seguendo le indicazioni del modello organizzativo proposto, gli allestitori potrebbero esplorare altri settori e mercati secondari, stabilendo partnership stabili con i rivenditori. Gli operatori coinvolti nelle tavole rotonde hanno mostrato interesse per potenziali rivenditori e concessionari, che possano ritirare i loro prodotti rigenerati. Il confronto, inoltre, ha fatto emergere l'importanza del *re-design for re-manufacturing*, al fine di consentire molteplici cicli di vita.

Durante la tavola rotonda sono stati affrontati altri temi: in primo luogo, quale potrebbe essere un settore promettente in grado di ricevere prodotti rilavorati provenienti dal settore fieristico; in secondo luogo, se lo stesso settore può acquistare nuovi prodotti post-consumo, a sua volta derivati da altri settori. Per quanto riguarda il primo tema di analisi, è emerso che il commercio al dettaglio, l'alberghiero e il residenziale possono essere considerati dei mercati alternativi promettenti. In merito al secondo tema, più di un operatore ha mostrato interesse per i prodotti post-consumo, perseguendo la sostenibilità dei propri stand fieristici.

7.2.2 Settore uffici

Per l'applicazione del modello organizzativo nell'ambito del settore uffici, riguardante la possibilità di attivare azioni circolari su prodotti post-consumo con l'obiettivo di collocarli su mercati alternativi o secondari, sono stati considerati i seguenti materiali: controsoffitti, finiture di pavimenti, sistemi di pareti interne, porte, pareti divisorie, mobili provenienti da attività di ristrutturazione di spazi.

In occasione di attività di ristrutturazione, i prodotti con valore e prestazioni tecniche residue vengono generalmente smaltiti in discarica. Infatti, le ristrutturazioni degli uffici, spesso, non sono legate al degrado dei prodotti, ma alla richiesta di *restyling* dell'immagine aziendale o di *re-layout* degli spazi.

Diversi *stakeholder* sono stati coinvolti al fine di valutare la potenziale applicabilità dei modelli organizzativi al settore degli uffici. La tavola rotonda ha coinvolto tre soggetti con ruoli operativi diversi: produttori, associazioni di categoria e general contractor. La selezione diversificata risponde all'esigenza di raccogliere informazioni da un insieme più ampio di attori, arricchendo il ventaglio di prospettive sulla potenziale implementazione delle opportunità di *re-manufacturing*.

Nel corso della tavola rotonda, gli *stakeholder* sono stati invitati a confrontarsi sui seguenti temi: i) l'individuazione di un operatore-chiave, già esistente nell'attuale catena del valore, in grado di svolgere autonomamente attività di *re-manufacturing*; ii) la disponibilità dei produttori a destinare i loro prodotti a fine vita ad altri settori (all'interno e all'esterno delle costruzioni); iii) la fattibilità di una logistica inversa per la raccolta dei prodotti a fine vita; iv) l'individuazione di settori promettenti in grado di ricevere prodotti rilavorati (dal settore ufficio); v) l'interesse del settore ufficio stesso a riutilizzare prodotti secondari o a riceverne da altri settori.

Gli operatori coinvolti hanno sottolineato la mancanza, nell'attuale catena di valore all'interno del settore degli uffici, di una figura chiave già in grado di ricoprire il ruolo di *re-manufacturer*. Inoltre, i portatori di interesse hanno rimarcato la difficoltà di stabilire una nuova catena di valore finalizzata all'attivazione di una logistica inversa per la raccolta dei prodotti a fine vita. Attualmente, infatti, il rapporto tra gli operatori del settore ufficio è molto frammentato e non sussiste alcuna forma di collaborazione tra un appaltatore e un produttore. Gli operatori coinvolti hanno tuttavia mostrato interesse per l'attivazione di strategie circolari, aprendo una discussione sulle potenzialità del modello organizzativo proposto.

Per attivare il modello proposto, gli *stakeholder* hanno evidenziato il ruolo cruciale del *facility manager*, che gestisce il *layout* degli spazi interni, la manutenzione/sostituzione di prodotti e materiali edili e l'inventario delle scorte di prodotto. Un altro attore importante è l'appaltatore, che si occupa dello *strip-out* durante le ristrutturazioni degli spazi interni. Questi operatori chiave conoscono lo stato di conservazione e le caratteristiche prestazionali dei prodotti post-consumo rimossi, potendo così valutare le loro potenzialità ad essere conservati, rilavorati e destinati a mercati alternativi/secondari.

Secondo le parti interessate, i *facility manager* e/o gli appaltatori di edifici per uffici potrebbero essere collegati a una rete di produttori, che svolgerebbero un nuovo ruolo chiave nella catena di valore. Infatti, i produttori industriali non sono in grado di rigenerare tali materiali, perché hanno bisogno di lavorare prodotti standardizzati (produzione industriale) e flussi di materiali costanti, con una catena di approvvigionamento consolidata. I prodotti a fine vita derivati dagli uffici sono diversi per tipologia, dimensioni, funzioni e condizioni/stato di manutenzione (ad es. segni di usura, imperfezioni visibili). Inoltre, questi prodotti generano flussi non costanti, quantità e qualità eterogenee di diverse tipologie di prodotti, realizzati con diversi tipi di materiali, provenienti da diversi luoghi dell'area urbana.

Pertanto, il *re-manufacturer* dovrebbe essere un attore flessibile, con ampie capacità di rigenerazione in termini di capacità di progettazione, tecnologie di supporto, macchinari e risorse umane (ad esempio, artigiani). Dovrebbe gestire la logistica per la raccolta dei prodotti a fine vita utile e lo spazio per lo stoccaggio, prima di dare loro svariati cicli di vita nuovi.

Per consentire la catena del valore oltre il primo utilizzo, l'appaltatore e/o il responsabile dell'impianto dovrebbero avere il compito di comunicare la disponibilità dei prodotti per ufficio a fine vita utile al *re-manufacturer*. Lo scambio di informazioni facilita le opportunità di raccolta di prodotti adatti ad essere rilavorati, prima che vengano classificati come rifiuto.

I riscontri ottenuti dalle parti interessate evidenziano il ruolo cruciale dell'attività di rimanifattura, come aspetto risolutivo per consentire l'apertura a un mercato alternativo/secondario. Infatti, i produttori industriali si oppongono alla rivendita dei propri prodotti con la stessa configurazione (ad esempio una mensola di design, un particolare controsoffitto o rivestimento a parete, che sono prodotti esclusivamente da loro), al mercato alternativo/secondario, per evitare meccanismi di concorrenza. Il processo di *re-design* è quindi fondamentale per il *restyling* dei materiali per uffici, attraverso attività di rigenerazione o di rilavorazione dei prodotti brandizzati.

Per quanto riguarda l'individuazione di un settore promettente in grado di ricevere prodotti post-consumo da quello degli uffici, i portatori di interesse percepiscono come una grande opportunità l'individuazione di mercati alternativi/secondari in altri settori. In particolare, gli *stakeholder* considerano il residenziale come un possibile mercato alternativo, a causa della crescente tendenza al lavoro da remoto, a seguito della pandemia di Covid-19. Per quanto concerne il potenziale interesse dello stesso settore a riutilizzare prodotti secondari o a ricevere prodotti provenienti da altri contesti, le parti interessate hanno espresso esitazione. Infatti, il settore dell'ufficio è disincentivato a riutilizzare prodotti post-consumo a causa delle rigide norme sulla sicurezza sul lavoro, che richiedono l'utilizzo di prodotti certificati e altamente performanti. Inoltre, l'immagine aziendale richiede l'utilizzo di colori, materiali e forme altamente personalizzate, spesso incompatibili con il riutilizzo di materiali sviluppati inizialmente per altri contesti applicativi.

7.2.3 Settore retail

Per l'applicazione del modello organizzativo nell'ambito del settore *retail* sono stati considerati mobili, pareti divisorie interne, rivestimenti e prodotti di finitura impiegati in spazi commerciali. Inoltre, i componenti di finitura degli spazi interni dei negozi di lusso sono costituiti da materiali di alta qualità (es. tessuti pregiati), caratterizzati da un processo di lavorazione esclusivo (es. pannelli con *texture* tridimensionali).

Gli spazi di vendita vengono rinnovati circa ogni due anni, e i prodotti di finitura vengono sostituiti ad ogni stagione a causa della necessità di rinnovare l'immagine in funzione della strategia di marketing adottata dalla proprietà. Ogni anno, i frequenti rinnovamenti stilistici creano una notevole quantità di scarti di materiale di ottima qualità, con alto valore residuo e buone prestazioni tecniche, che vengono generalmente destinati allo smaltimento.

Per valutare le potenzialità e le criticità dei modelli organizzativi legati al settore *retail*, le tavole rotonde hanno coinvolto progettisti, produttori, *general contractor* di negozi in *franchising*, appartenenti a grandi e piccole aziende; *general contractor* dei propri punti vendita al dettaglio per conto di grandi marchi, operatori del terzo settore e cooperative sociali attive nel manifatturiero e nella logistica inversa in diversi ambiti, dall'alimentare all'abbigliamento e agli arredi. Il coinvolgimento di attori con ruoli e caratteristiche differenti (in termini di organizzazione, dimensione, interessi, mercati, core business), ha avuto l'obiettivo di sviluppare una rete di sinergie collaborative rispetto ai modelli circolari proposti.

Nel corso delle tavole rotonde, gli *stakeholder* sono stati invitati a confrontarsi sui seguenti temi: i) l'interesse dei produttori/general contractor/cooperative sociali a realizzare attività di re-manufacturing; la possibilità di destinare i prodotti a fine vita della vendita al dettaglio ad altri settori (all'interno e all'esterno della filiera delle costruzioni); ii) la fattibilità ad attivare meccanismi di logistica inversa per la raccolta dei prodotti a fine vita; iii) l'individuazione di un mercato in grado di ricevere prodotti rilavorati provenienti dal settore retail; iv) l'interesse del settore a riutilizzare prodotti secondari o a riceverne da altri contesti di applicazione.

Analogamente al settore uffici, l'adattabilità del modello organizzativo proposto al settore *retail* richiede l'individuazione di un operatore, che ricopra il ruolo di *re-manufacturer*, e di stabilire nuovi rapporti di filiera per l'attivazione della logistica inversa.

Il confronto con gli operatori ha evidenziato i ruoli cruciali del *general contractor* per le attività in *franchising* e i negozi affiliati ai grandi marchi, in quanto gestiscono la frequenza delle ristrutturazioni e le strategie di apertura/chiusura dei punti vendita. Secondo queste condizioni, l'attivazione di una logistica inversa è possibile stabilendo una relazione tra questi attori chiave (*general contractor* e *manager*) con una rete di produttori.

Seguendo i flussi di materiali prefigurati dal modello oggetto di confronto, la principale criticità riscontrata è rappresentata dai flussi di prodotti incostanti ed eterogenei provenienti dallo *strip-out* di attività con locali di piccole dimensioni, che rappresentano la tipologia prevalente nei grandi centri urbani della Lombardia. Tuttavia, i molteplici punti vendita dei grandi marchi sono allestiti con la stessa "immagine", quindi utilizzano i medesimi componenti di arredo, prodotti in serie per fornire le singole attività. Ciononostante, i punti vendita sono generalmente distanti tra loro e, di conseguenza, la raccolta di materiali omogenei è difficile e costosa.

Secondo gli attori coinvolti, la fattibilità del modello organizzativo proposto dipende dall'individuazione di un operatore che possa svolgere il ruolo di produttore, in grado di assorbire quantità eterogenee e non costan-

ti di prodotti. Inoltre, è necessario individuare anche un operatore in grado di gestire la logistica dei prodotti, raccogliendo diversi articoli sparsi sul territorio.

I produttori di allestimenti per la vendita al dettaglio non sono in grado di svolgere un ruolo di questo tipo, poiché hanno un approccio produttivo di tipo industriale, in grado di lavorare solo prodotti standardizzati. Il terzo settore ha dimostrato interesse a svolgere il ruolo di produttore e rivenditore, in grado anche di gestire la logistica inversa dei prodotti derivati dal settore terziario.

I potenziali mercati alternativi o secondari individuati per i prodotti provenienti dal commercio al dettaglio sono rappresentati da quello residenziale e alberghiero (in particolare per i mobili o altri allestimenti) e dai negozi al dettaglio incentrati su prodotti a basso costo (*outlet* o negozi di materiali di seconda mano).

Per quanto riguarda il potenziale interesse del settore del commercio al dettaglio stesso a riutilizzare prodotti secondari o a ricevere prodotti rilavorati provenienti da altri settori, gli operatori hanno espresso una doppia posizione. Se, da un lato, i rilavorati possono comunicare messaggi di sostenibilità, dall'altro i *general contractor* e i *brand manager* dei negozi hanno ammesso le difficoltà logistiche ed economiche che, allo stato attuale, bloccano qualsiasi possibile sinergia nella rimanifattura dei materiali edili dei negozi appartenenti allo stesso marchio.

7.3 Leve e barriere: il punto di vista degli stakeholder

L'analisi effettuata attraverso l'interazione e il dialogo con gli stakeholder del settore terziario ha permesso di: i) comprendere le dinamiche della filiera e il livello di interesse degli attori del mercato; ii) identificare gli operatori chiave dell'attuale catena del valore o la necessità di nuove figure per attivare il modello organizzativo proposto.

Le attuali figure fondamentali individuate sono: all'interno del settore fieristico, gli allestitori; nell'ambito degli uffici, i *general contractor* o i *facility manager* di spazi per uffici; all'interno del settore *retail*, i *general contractor* per negozi in *franchising* e affiliati a grandi marchi. Questi attori hanno particolare importanza perché gestiscono l'uso temporaneo degli spazi o i frequenti processi di rinnovamento e riqualificazione che caratterizzano il settore terziario e sono consapevoli dei flussi di input e output dei prodotti.

I risultati delle tavole rotonde identificano l'importante ruolo del terzo settore nel processo di rimanifattura per la capacità di gestire modeste quan-

tà non costanti di prodotti (come piccoli lotti o prodotti non standardizzati con condizioni di usura differenti). Inoltre, il terzo settore è riconosciuto come un soggetto importante per la capacità di creare reti flessibili di artigiani e di attivare mercati dell'usato per prodotti rilavorati. Il terzo settore, generalmente, si avvale di una rete sinergica, capillare e strutturata di operatori, all'interno di cooperative artigianali già presenti sul territorio; per questo motivo, ha potenzialmente le capacità per attivare una rete di rimanifattura, e definire una serie di regole organizzative e procedure di logistica inversa, e accordi sui costi e sulla retribuzione dei lavoratori. Questa rete sfrutta già il *know-how*, gli strumenti e i contatti condivisi per offrire opere di re-manufacturing e servizi correlati, garantendo la circolarità sui mercati secondari.

Di conseguenza, il terzo settore può superare le attuali barriere dovute alla frammentazione della filiera, creando e stabilendo una catena di valore dinamica delle reti distributive (logistica inversa) e del mercato delle vendite.

La Fig. 7.2 definisce il modello organizzativo con il coinvolgimento del terzo settore, per consentire il recupero di materie seconde dal settore terziario e l'apertura di nuovi mercati.

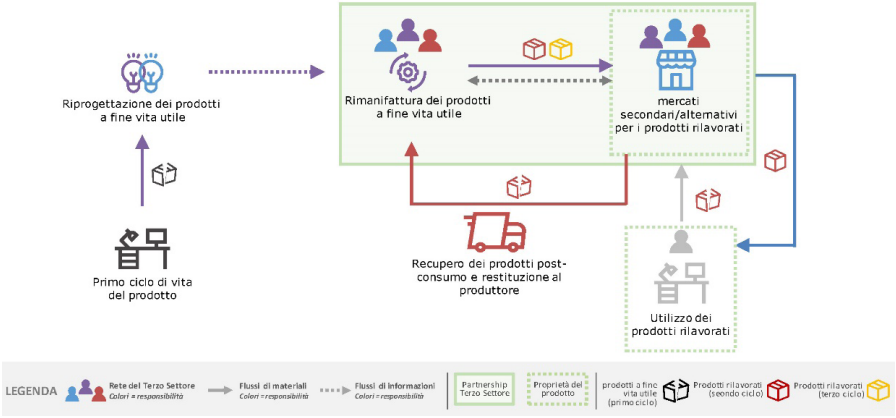


Fig. 7.2 - Mappa di sistema del modello organizzativo basato su mercati alternativi/secondari per i prodotti rilavorati, con l'introduzione del terzo settore come player abilitante

Un dubbio espresso dagli operatori del terzo settore, durante il loro coinvolgimento nelle tavole rotonde, riguarda l'assunzione del rischio di rilavorare i prodotti senza essere sicuri del potenziale di vendita. Pertanto, il modello organizzativo mira a realizzare una procedura *win-win* supportata da tecnologie digitali che consentano: i) lo scambio di informazioni sui

prodotti post-consumo disponibili; ii) la pubblicità di eventuali prodotti rifabbricati; iii) l'individuazione preventiva degli acquirenti del mercato secondario (prima di procedere al ritiro e alla rimanifattura). In questo modo, si limita il rischio che il prodotto non venga venduto, e si orienta la rilavorazione alle preferenze dei clienti.

I principali *step* del modello organizzativo proposto, basato su procedure *win-win* supportate da tecnologie digitali, sono:

1. Pubblicazione su una piattaforma, da parte dell'operatore che dispone di prodotti/lotti da smaltire (provenienti dal settore terziario, allestimenti, retail, temporary shop, hospitality, ecc.), di un report contenente le informazioni sul prodotto (localizzazione, immagini, numero di pezzi disponibili, dati tecnici del produttore, dimensioni, ecc.).
2. Analisi da parte del responsabile delle attività di rilavorazione e prima valutazione di fattibilità, con eventuale sviluppo del modello virtuale del prodotto per simulare le possibili riconfigurazioni (in relazione alla manutenzione, riparazione, parziale o completa rimanifattura) e stima delle attività necessarie, delle risorse umane da coinvolgere, del prezzo di vendita, ecc.
3. Proposta di soluzioni alternative di riparazione o rimanifattura del prodotto attraverso la piattaforma digitale con definizione del relativo prezzo, caratteristiche tecniche, area di vendita, durata dell'offerta, ecc. al fine di trovare in anticipo un possibile cliente.
4. Manifestazione di interesse da parte di possibili acquirenti.
5. Al raggiungimento della soglia minima di acquirenti, accettazione dei prodotti da rilavorare, attivazione della squadra per l'eventuale ritiro dei prodotti e della rete di artigiani.
6. Al termine delle attività di rimanifattura, consegna del prodotto al cliente.
7. Grazie alla formula di vendita con deposito, al termine della seconda vita, ritiro dei prodotti rigenerati da parte del produttore afferente al terzo settore (dato che le cooperative possono gestire sia la fase di rigenerazione che la fase di vendita, il processo logistico di *take back* diventa ancora più efficiente).

Gli *stakeholder* coinvolti nelle tavole rotonde hanno validato la potenziale applicabilità di modello organizzativo così strutturato, identificando i ruoli degli attori, le competenze, le abilità, le relazioni e i potenziali mercati alternativi o secondari.

In particolare, i vantaggi evidenziati riguardano la riduzione dei costi di smaltimento, e il miglioramento della *corporate image* perseguendo

obiettivi di sostenibilità ambientale. Un altro vantaggio nella rimanifattura dei prodotti è legato agli alti costi delle materie prime, in costante aumento negli ultimi anni. La promozione di processi circolari per i prodotti da costruzione può rappresentare una spinta economica per l'edilizia, promuovendo nuove opportunità di lavoro per gli operatori del settore delle costruzioni, riducendo la dipendenza dai materiali importati.

Di contro, le principali barriere riguardano in particolare: i) prodotti altamente personalizzati e di marca; ii) incertezza dei flussi di materie seconde; iii) la mancanza di certificazioni di fine vita dei prodotti.

Prodotti personalizzati e brandizzati. I prodotti a ciclo breve del settore terziario (fiera, ufficio e retail), dalle finiture d'interni all'arredamento, sono generalmente altamente personalizzati sull'immagine dell'azienda.

Nello specifico, la personalizzazione dei prodotti è una delle principali barriere individuate. Ciò limita le possibilità di riutilizzare il prodotto nello stesso settore, ma anche nei mercati secondari. Molte aziende tutelano il *design* dei prodotti originali attraverso la presenza di un brevetto o di un marchio registrato. In questo caso, il prodotto non può essere rilavorato assumendo un'immagine o una forma simile a quella originale. Pertanto, la rimanifattura è ostacolata dalle politiche aziendali di prodotto che spesso comportano come inevitabile scenario di fine vita lo smaltimento del prodotto, trascurando possibili alternative di recupero.

Un altro aspetto chiave riguarda la preferenza dei clienti per soluzioni altamente personalizzate (ad esempio, legate allo sviluppo di un *branding* aziendale per personalizzare i componenti dell'ufficio), sia per i prodotti che per la disposizione degli spazi occupati. Tali fattori impediscono il riutilizzo dei prodotti rilavorati all'interno dello stesso settore, in quanto potrebbero non coniugarsi con le esigenze dei nuovi clienti o con la diversa disposizione degli spazi.

Al fine di superare questa barriera, la rilavorazione dei prodotti, modificandone l'immagine o anche la funzione, appare come una possibile applicazione del modello organizzativo proposto in mercati secondari.

Incerteza dei flussi di materiali. Un'altra problematica emergente è rappresentata dalla variabile volumetria dei flussi di materia provenienti dai processi di rinnovo o demolizione degli edifici del terziario. In molti casi, l'incostanza e la ridotta quantità di prodotti secondari non sono sufficienti a giustificare nuovi processi industriali, anche a causa dell'instabilità della domanda, difficile da prevedere in termini di quantità e tipologia di prodotto.

Per superare questa barriera, potrebbe essere di supporto la creazione di reti di artigiani diffusi capillarmente sul territorio, in grado di gestire flussi non stabili di diversi tipi di prodotti.

Mancanza di certificazione. Un altro aspetto significativo riguarda la disponibilità a fine vita delle etichette e delle certificazioni di prodotto, che definiscono le caratteristiche e le prestazioni. A questo si aggiungono le effettive qualità residue dei prodotti a fine vita, che sono normalmente ignote fino al rientro in una filiera produttiva. Da qui l'impossibilità di garantire le prestazioni residue: la perdita di informazioni sulle caratteristiche originarie del prodotto e sul suo ciclo di vita comporta difficoltà nel mantenerne il valore e il suo potenziale di mercato.

Dal loro punto di vista, gli operatori non sono disposti ad assumersi la responsabilità di immettere sul mercato prodotti rigenerati a partire da articoli di cui non conoscono le caratteristiche. Lo stato di conservazione dei materiali può essere verificato attraverso un processo di ricertificazione, che spesso rende il loro riutilizzo economicamente insostenibile. Questo aspetto acquista particolare rilevanza nel modello organizzativo proposto, in quanto la reintroduzione di prodotti secondari nello stesso settore necessita la ricertificazione del prodotto rilavorato. A tal proposito, l'attuale quadro normativo non fornisce supporto per l'ottenimento di adeguate certificazioni per i prodotti secondari. Pertanto, spesso, questi ricadono su destinazione secondaria con una funzione alternativa (declassata), che non richiede prestazioni precise ed elevate.

Per superare le barriere elencate, le possibili soluzioni di supporto riguardano: i) la tracciabilità del ciclo di vita dei prodotti, ii) l'applicazione di un approccio di progettazione del ciclo di vita, iii) la creazione di reti tra gli *stakeholder*, iv) il miglioramento del quadro normativo.

Tracciabilità del ciclo di vita del prodotto. Un migliore sistema di tracciabilità permette di conoscere le caratteristiche originarie del prodotto (registrando le certificazioni), il tipo di rilavorazione/manutenzione già subita, e in quali condizioni si trova il prodotto a fine vita.

In questo contesto, gli strumenti digitali di supporto come il BIM (*Building Information Modeling*) e il passaporto dei materiali dovrebbero essere strumenti abilitanti significativi.

Inoltre, è necessario il monitoraggio dei flussi di prodotti in uscita dai settori terziari, utili ad alimentare una filiera di materiali riconvertiti destinati al mercato secondario. Questo perché le aziende di re-manufacturing hanno bisogno di conoscere la quantità e la disponibilità dei flussi di prodotto per poter prevedere il potenziale mercato di riferimento e individuare la reale domanda di materie seconde, necessarie per avviare il modello organizzativo. Conoscendo in anticipo la disponibilità dei prodotti a fine vita utile e i loro potenziali usi, i produttori sono incentivati ad attivare processi di rilavorazione. Questo aspetto potrebbe essere supportato dalle piattaforme di *trading online*.

Progettazione del ciclo di vita. Il *re-design for re-manufacturing* dei prodotti rappresenta un processo fondamentale per il successo del modello organizzativo. Infatti, i prodotti di fine vita generalmente personalizzati devono essere modificati per trovare mercati alternativi/secondari.

Solo attraverso una progettazione *life cycle thinking* è possibile prevedere un processo di rimanifattura che consenta ulteriori cicli di vita multipli del prodotto. Per consentire un riutilizzo costante e la possibilità di future rilavorazioni, è importante impiegare tecnologie che favoriscano il disassemblaggio dei componenti, e materiali durevoli, che consentono l'estensione della vita utile del prodotto.

Networking lungo tutta la catena del valore. Attraverso la creazione di reti collaborative a scala regionale, i produttori possono intercettare una massa critica di materiali secondari e un consistente range di acquisto.

Inoltre, il networking tra aziende di *re-manufacturing* può essere molto importante anche per innescare investimenti comuni, ad esempio attivando consorzi per l'acquisto di determinati macchinari o strumenti necessari per incrementare le attività di rilavorazione dei prodotti a fine vita.

Quadro normativo. Un'esigenza individuata riguarda gli strumenti normativi e gli incentivi orientati a promuovere le attività di rimanifattura e i requisiti *green* all'interno delle procedure di gara. In particolare, gli *stakeholder* coinvolti dal lato dell'offerta e dalla parte della domanda hanno espresso una visione condivisa sul ruolo strategico del *green procurement*, per aumentare la consapevolezza sulle pratiche circolari.

È necessario sviluppare un quadro normativo, volto a definire nuove procedure e nuovi ruoli per certificare i prodotti rigenerati (es. etichetta di filiera circolare). Parallelamente, sono necessarie procedure innovative e linee guida metodologiche per comprendere la reale fattibilità della rimanifattura dei prodotti e per supportare gli operatori verso tali attività.

Parte III

Sperimentazioni

8. *Sperimentazione di strategie circolari attraverso la riprogettazione del prodotto*

di *Serena Giorgi, Anna Dalla Valle, Nazly Atta, Salvatore Viscuso**

8.1 **Innovazione nel *design* del prodotto per l'estensione del ciclo di vita dei componenti**

I capitoli precedenti hanno messo in luce le attuali leve e barriere per l'applicazione di nuovi modelli organizzativi e di *business* volti ad estendere e intensificare l'uso dei prodotti attraverso il riutilizzo e il *remanufacturing* nel settore delle costruzioni.

A tal fine emerge che sono necessarie sperimentazioni che possano essere da traino per l'innescarsi a catena di nuove procedure, in particolare, in termini di:

- attivazione di nuove relazioni *win-win* tra gli operatori di filiera (ad esempio produttori, fornitori, clienti) e implementazione di nuove capacità tecniche, operative ed organizzative, lungo tutto il processo di progettazione, costruzione e demolizione;
- innovazione nella progettazione dei sistemi costruttivi (*Design for reuse and remanufacturing*), introducendo nuove tecniche costruttive modulari e disassemblabili, che consentano facilmente la manutenzione, la possibilità di riutilizzo per molteplici cicli di vita e il *remanufacturing* a fine vita utile, allo scopo di limitare il più possibile la generazione di rifiuti.

Questo capitolo si propone, dunque, di mostrare un progetto pilota, sviluppato dalla ricerca Re-NetTA, finalizzato a stimolare la messa in pratica di modelli organizzativi e di *business*, attraverso la progettazione e la realizzazione di soluzioni costruttive innovative che permettano il riuso e il

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

remanufacturing dei prodotti e dei materiali e una gestione circolare e sostenibile lungo il loro ciclo di vita.

In particolare, il progetto pilota si focalizza sull'attivazione di modelli di *business* basati sul contratto di noleggio (cfr. cap. 6). In questo modello i prodotti vengono offerti ai clienti attraverso contratti di noleggio e la proprietà resta al produttore/fornitore, che ha il dovere di ritirare i prodotti al termine del periodo di utilizzo; tornati al produttore/fornitore originario, i prodotti vengono rilavorati e riproposti sul mercato con ulteriori contratti di noleggio per ulteriori cicli di utilizzo.

Le indagini condotte attraverso il coinvolgimento degli stakeholder, per la verifica dell'applicabilità dei modelli organizzativi proposti dalla ricerca Re-NetTA, identificano il settore fieristico come attualmente il più propenso a sperimentare modelli basati sul noleggio, essendo una formula contrattuale frequente negli ambiti di usi temporanei. Dette formule sono comunemente utilizzate per consentire il multiuso di prodotti durante la fase operativa al fine di massimizzarne la rendita sul mercato. Tuttavia, non vi è alcun controllo della fase di fine vita: i prodotti generalmente vengono conferiti alla discarica e solo nei casi più virtuosi i produttori ne garantiscono il riciclo.

Il progetto pilota, presentato in questo capitolo, vuole incoraggiare i produttori (che rivestono un ruolo chiave per l'attivazione del modello organizzativo) ad andare oltre al mero riciclo, introducendo processi di riuso e *remanufacturing*, attraverso l'individuazione di opportunità procedurali e tecnologiche.

Secondo il punto di vista degli stakeholder del settore fieristico, le principali barriere al riutilizzo e al *remanufacturing* dei componenti espositivi, riguardano la difficoltà di mantenere le prestazioni e la qualità dei prodotti al termine del loro primo ciclo di vita utile. Infatti, i brevissimi tempi di smontaggio a disposizione durante la fine del periodo espositivo, porta a disassemblare i componenti velocemente, danneggiando i prodotti, compromettendone la possibilità di riutilizzo e talvolta anche di rilavorazione. Per questi motivi, gli stakeholder sottolineano l'importanza di innovare le tecnologie costruttive al fine di facilitare la possibilità di disassemblaggio e consentire, quindi, il processo di riutilizzo o *remanufacturing*.

Il progetto pilota, quindi, incoraggia la progettazione e la realizzazione di prodotti con elevata durabilità e manutenibilità al fine di incrementare i benefici economici, massimizzando l'uso dei prodotti, e i benefici ambientali, riducendo il consumo di risorse e la generazione di rifiuti.

Per innescare queste strategie *win-win*, la progettazione per il disassemblaggio (*design for disassembly*), rappresenta l'approccio progettuale imprescindibile per incrementare il riutilizzo dei materiali a fine vita e il recupero di prodotti con elevate prestazioni residue (Cheshire, 2016; Rios

et al., 2015). Ciò comporta, in fase di progettazione, la pianificazione della fase di assemblaggio e disassemblaggio dei componenti, tenendo conto delle operazioni tecniche e procedurali (Durmisevic e Yeang, 2009).

Sebbene siano state pubblicate normative che affrontano i principi del *design for disassembly* (es. ISO 20887:2020), sono ancora poche le tecnologie costruttive che rispondono ai criteri di disassemblabilità per il riuso e il *remanufacturing*, anche in situazioni di applicazioni di temporaneità come accade nell'ambito fieristico e, più in generale, nell'architettura terziaria.

Il ruolo chiave dei produttori e sviluppo del progetto pilota

La sperimentazione ha coinvolto un'azienda¹ che produce e fornisce attraverso contratti di noleggio prodotti per il settore fieristico, prevalentemente moquette e sistemi di partizioni verticali per gli allestimenti espositivi. Inoltre, questa azienda gestisce la logistica sia per l'installazione sia per la rimozione e il successivo smaltimento o riciclo dei prodotti.

Nel modello attuale, al termine della fase di utilizzo, il produttore si occupa della raccolta della moquette in polipropilene, che aveva fornito all'evento attraverso contratto di noleggio. Siccome la moquette non può essere riutilizzata date le condizioni di danneggiamento e sporcizia, essa viene conferita a centri di riciclaggio per produrre una materia prima seconda utile a produrre nuovi pannelli espositivi. I pannelli generati sono interamente in polipropilene: lo strato centrale è composto da polipropilene riciclato derivato in parte dal riciclo della moquette, mentre gli strati esterni sono realizzati in polipropilene vergine. Questi pannelli hanno il potenziale per essere interamente riciclati a loro volta, ma data la loro durabilità possono anche essere riutilizzati più volte o rilavorati per ulteriori utilizzi. Tuttavia, al momento le modalità di fissaggio dei pannelli alla sottostruttura utilizzata nel settore fieristico, generalmente in alluminio, non sono reversibili ed i pannelli a fine evento subiscono rotture che li rendono non riutilizzabili o rilavorabili. All'interno del progetto pilota sono state, quindi, progettate, co-create e sperimentate soluzioni costruttive reversibili per partizioni verticali di esposizioni fieristiche, per superare le attuali barriere tecniche. Inoltre, queste soluzioni sono pensate per poter essere potenzialmente trasferibili nei settori ufficio e retail.

Le soluzioni di partizioni verticali analizzate sono composte dal pannello in polipropilene riciclato di spessore 3 mm, prodotto dall'azienda¹, e dalla sottostruttura in alluminio tipicamente utilizzata nell'ambito fieristico, a sezione quadrata di dimensione 40 × 40 mm con scanalatura di 8 mm.

1. Azienda Montecolino SpA, Via Stazione Vecchia, 110 25050, Provaglio d'Iseo, Brescia.

Il progetto pilota prevede i seguenti passaggi metodologici:

1. individuazione di diversi sistemi reversibili di fissaggio tra pannelli e sottostruttura e definizione di “criteri di circolarità” per valutare le potenzialità di riutilizzo di ciascuna soluzione;
2. sviluppo di gemelli digitali (*digital twin*) e costruzione di prototipi (*mock-up*) a grandezza naturale (sviluppati in loco dal produttore) dei sistemi analizzati per simulare e valutare la possibilità di montaggio e smontaggio, le criticità, la fattibilità tecnologica e le attitudini verso un possibile riutilizzo o rilavorazione;
3. definizione di raccomandazioni per la riprogettazione (*re-design*) dei sistemi per migliorare le procedure di disassemblaggio e le azioni di rilavorazione;
4. definizione del modello organizzativo ed operativo per la replicabilità e trasferibilità delle soluzioni in altri settori.

8.2 Individuazione di sistemi di fissaggio reversibili e dei criteri di circolarità

Il *design* dei sistemi di fissaggio riguarda la progettazione di “connessioni dirette”, “connessioni indirette” e “connessioni adesive” tra pannello e sottostruttura.

Le “connessioni dirette” sono soluzioni ad incastro o soluzioni meccaniche. Le soluzioni ad incastro sono costituite da componenti modulari, in cui la geometria dei bordi dei componenti forma essa stessa la connessione, tramite incastro. Il loro grado di reversibilità dipende particolarmente dal numero di sequenze/operazioni necessarie al disassemblaggio tra componenti e quanto l’incastro consequenziale crea interdipendenza tra le parti. Le soluzioni meccaniche sono connessioni a secco di componenti modulari in cui l’unione tra gli stessi avviene tramite elementi puntuali (es. viti, tasselli). Il loro grado di reversibilità dipende sia dal numero di sequenze/operazioni necessarie al disassemblaggio sia dalla facilità di rimozione dell’elemento meccanico puntuale. Nelle connessioni dirette la resistenza meccanica dei componenti stessi è fondamentale per abilitare la reversibilità, in quanto le operazioni di smontaggio interessano direttamente l’elemento da disassemblare.

Le “connessioni indirette” prevedono l’aggiunta di un ulteriore elemento di collegamento tra il pannello e la sottostruttura che funge da giunto di connessione tra i componenti. I giunti possono essere posizionati internamente alle parti, oppure esternamente. Le soluzioni con giunto interno tal-

volta riescono a raggiungere un migliore livello estetico, in quanto l'accostamento dei componenti risulta in continuità. Di contro, lo smontaggio di tali connessioni può essere difficile a causa dell'inaccessibilità diretta del giunto e delle relative operazioni di assemblaggio consequenziale di tutti gli elementi del sistema. Le soluzioni con giunto esterno, a discapito di una resa estetica talvolta meno riuscita, in quanto il giunto stesso rimane a vista, facilita lo smontaggio grazie alla diretta accessibilità e la possibilità di disconnettere singolarmente i componenti.

Le “connessioni adesive” sono costituite da soluzioni nelle quali la connessione avviene tramite incollaggio. La connessione adesiva, quindi, sebbene garantisca una veloce posa di elementi a secco, determina un difficile disassemblaggio, spesso ulteriormente ostacolato dalla necessità di rimozione manuale servendosi di agenti chimici dello strato di colla che rimane sui componenti.

La sperimentazione ha escluso le soluzioni adesive in quanto meno reversibili, concentrando l'attenzione sulle soluzioni dirette e indirette. Attraverso un processo di co-creazione tra il gruppo di ricerca Re-NetTA e il produttore, sono state identificate tre tipologie di soluzioni progettate con un alto potenziale di reversibilità, le cui sperimentazioni vengono descritte nel paragrafo successivo.

In particolare, sono sviluppate una soluzione diretta con connessione ad incastro e due soluzioni indirette con connessione magnetica e con connessione a velcro (ovvero, fissaggio a strappo in tessuto). Queste tre tipologie sono studiate nel dettaglio realizzando *digital twin* e prototipi a grandezza naturale.

Per analizzare le criticità e le potenzialità dei sistemi espositivi verticali, sono stati definiti, attraverso il confronto con il produttore e gli stakeholder del settore fieristico, dei “criteri di circolarità”. Questi criteri di circolarità consentono di valutare le potenzialità di riutilizzabilità e rilavorazione dei sistemi, per definire soluzioni di miglioramento della pratica attuale.

I criteri di circolarità sono:

- sensibilità al danneggiamento in fase di assemblaggio e disassemblaggio (valutazione della possibilità di danni arrecabili ai pannelli, che rappresentano la parte più debole della struttura);
- risultato estetico della soluzione tecnologica (valutazione della possibilità di stampaggio di immagini in continuità tra pannelli);
- interdipendenza tecnologica e intercambiabilità dei componenti (valutazione della facilità di sostituzione dei pannelli in base alla sequenza di operazioni necessarie per effettuare il disassemblaggio delle parti);

- potenzialità di riutilizzo e rilavorazione (valutazione della standardizzazione dei componenti, delle tolleranze dimensionali, della possibilità di ridimensionare o ristampare i componenti per facilitarne il riutilizzo);
- tempi del processo di assemblaggio e disassemblaggio (valutazione del tempo impiegato per il processo di assemblaggio e disassemblaggio e del livello di competenze necessarie per effettuare le operazioni).

8.3 Sviluppo di *digital twin* e prototipazione di nuovi sistemi di fissaggio disassemblabili

Attraverso la definizione dei *digital twin* è possibile prefigurare il risultato complessivo della soluzione, nonché simulare e controllare il processo di assemblaggio e disassemblaggio dei sistemi e le opzioni di rilavorazione dei pannelli.

La sinergia con il produttore è fondamentale per la sperimentazione, non solo per la realizzazione di prototipi a grandezza naturale dei sistemi costruttivi, ma anche per la condivisione di esperienze e *know-how* su informazioni tecniche, considerazioni sulle fasi di montaggio e smontaggio (in termini di tempo, facilità e velocità di costruzione) e informazioni su prove di resistenza ed eventuale logistica inversa.

Connessione ad incastro

La prima soluzione prevede una connessione ad incastro tra pannello e telaio: attraverso la piegatura del pannello su se stesso è possibile creare uno spessore che possa inserirsi perfettamente nella scanalatura del telaio, utilizzando una soluzione ad incastro (Fig. 1).

La piegatura del pannello si ottiene con un'operazione semplice ed economica, utilizzando un semplice plotter da taglio. Le piegature (a seconda dei tagli realizzabili) permettono la regolazione dello spessore utile per il fissaggio ad incastro. Questo permette di ottenere lo spessore necessario per la connessione e di ottimizzare l'uso del materiale, utilizzando il pannello più sottile, pari a soli 3 mm. La soluzione, dunque, non utilizza colle o altri tipi di materiali per aumentare lo spessore. Ciò porta ad un sistema molto economico che può essere adattato a diverse forme di sottostruttura. Il sistema prevede di lasciare a vista la sottostruttura in alluminio (Fig. 2). La fase di disassemblaggio del pannello avviene attraverso la previa rimozione di un montante verticale ed uno orizzontale che lo sostengono (Fig. 3).

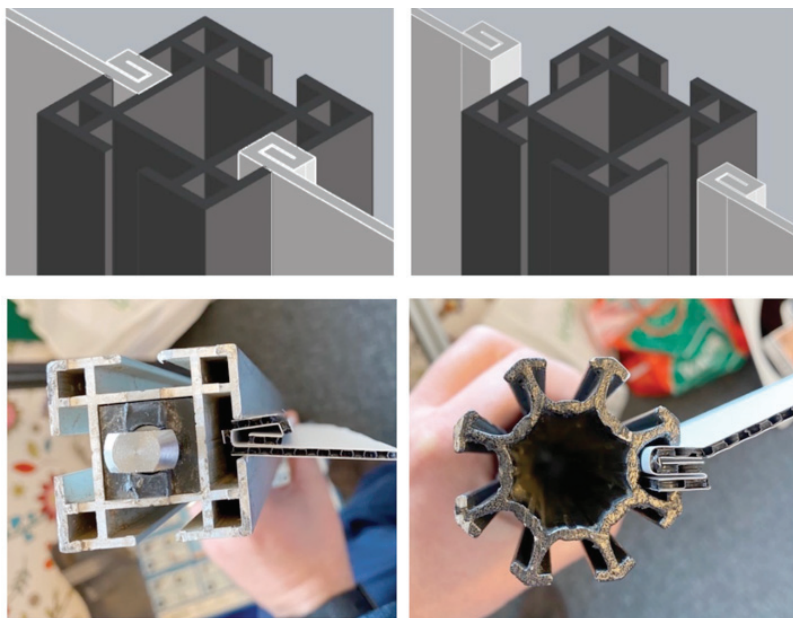


Fig. 1 - Digital twin e prototipazione della connessione ad incastro (foto prototipi: azienda Montecolino SpA)



Fig. 2 - Digital twin del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione ad incastro

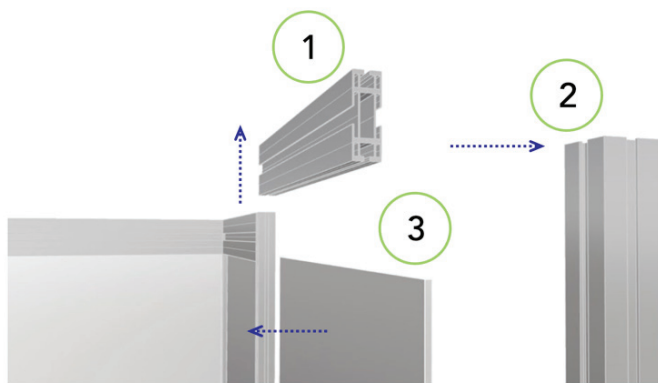


Fig. 3 - Sequenza delle operazioni di disassemblaggio del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione ad incastro

Connessione magnetica

Nel secondo sistema è sviluppato un componente magnetico in gomma che può essere inserito all'interno della scanalatura del profilo in alluminio. Sul retro del pannello è invece incollato un lamierino in materiale ferroso che possa aderire perfettamente al componente magnetico posizionato lungo il profilo in alluminio (Fig. 4). Il sistema prevede che su ciascun montante verticale siano agganciati due pannelli, infatti, la parte magnetica del componente in gomma inserita lungo il telaio è larga 4 cm mentre il lamierino incollato al pannello è pari a 2 cm.

In base al test effettuato, il magnete non perde il suo magnetismo e quindi ha alta durabilità e può essere utilizzato per molteplici cicli di vita. Tuttavia, un possibile difetto si era inizialmente rilevato nella durata del collegamento adesivo tra i fogli magnetici e il pannello. La colla utilizzata per il primo test non resisteva a molti usi, in particolare per gli spazi espositivi a causa delle variazioni di temperatura che avvengono tra la fase di montaggio e la fase d'uso. È quindi stato necessario utilizzare colle più durevoli. In alternativa è possibile valutare sistemi di aggancio meccanici (ad esempio graffatura).

Il sistema permette di nascondere la sottostruttura in alluminio lasciando in continuità i pannelli di rivestimento (Fig. 5). La fase di disassemblaggio del pannello avviene in modo indipendente dal resto della sottostruttura (Fig. 6).

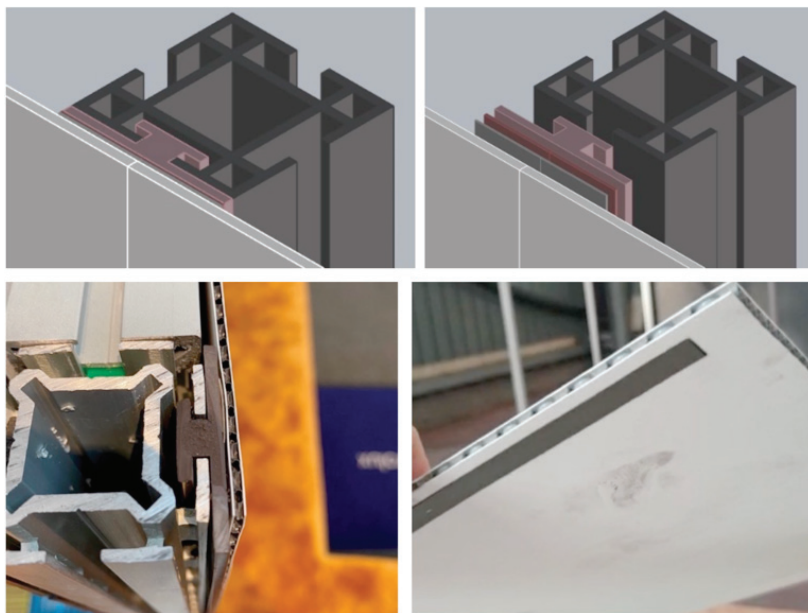


Fig. 4 - Digital twin e prototipazione della connessione magnetica (foto prototipi: azienda Montecolino SpA)



Fig. 5 - Digital twin del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione magnetica

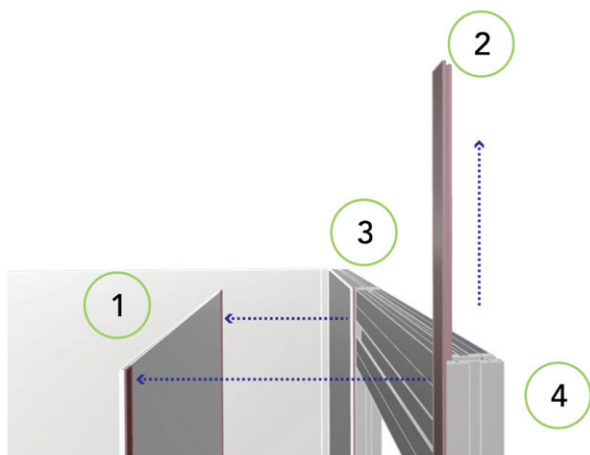


Fig. 6 - Sequenza delle operazioni di disassemblaggio del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione magnetica

Connessione a velcro

La terza soluzione riguarda la connessione che prevede l'uso del sistema a strappo in tessuto come connessione tra pannello e sottostruttura, più comunemente conosciuto come sistema velcro (Fig. 7). Il velcro viene applicato attraverso incollaggio sul pannello e su un giunto in plastica che può essere inserito nella scanalatura del profilo in acciaio. Il sistema prevede l'aggancio di due pannelli per ciascun montante. L'incollaggio al pannello presenta le stesse criticità di durabilità rilevate nel caso della connessione magnetica; dunque, occorre utilizzare colle resistenti o connessioni meccaniche (es. graffatura).

Il sistema permette di nascondere la sottostruttura in acciaio lasciando in continuità i pannelli di rivestimento (Fig. 8), tuttavia l'allineamento degli stessi risulta più faticoso rispetto alla soluzione magnetica. La fase di disassemblaggio del pannello avviene in modo indipendente dal resto della sottostruttura (Fig. 9).

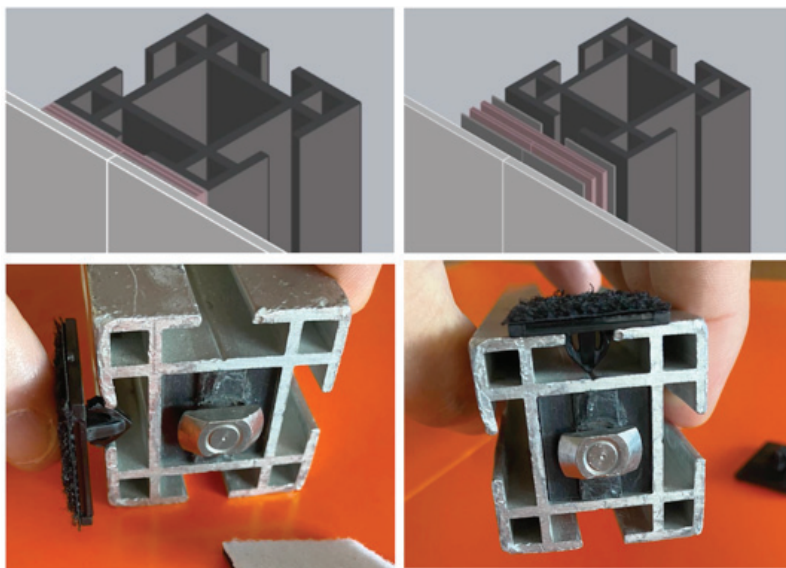


Fig. 7 - Digital twin e prototipazione della connessione a velcro (foto prototipi: azienda Montecolino SpA)



Fig. 8 - Digital twin del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione a velcro

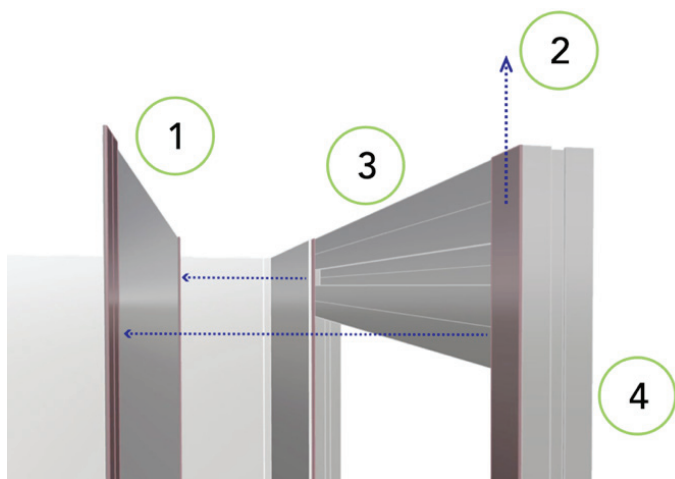


Fig. 9 - Sequenza delle operazioni di disassemblaggio del sistema reversibile di partizione verticale utilizzando una connessione a velcro

La realizzazione del modello digitale (*digital twin*) dei tre sistemi reversibili di partizione verticale e la prototipazione, effettuata presso il sito di produzione dell'azienda coinvolta, rendono possibile la valutazione dei criteri di circolarità, che di seguito vengono sintetizzati per ciascuna soluzione.

Criteri di circolarità	Connessione ad incastro	Connessione magnetica	Connessione adesiva
<i>Sensibilità al danneggiamento in fase di assemblaggio e disassemblaggio</i>	In fase di disassemblaggio il pannello può danneggiarsi soprattutto lungo i bordi e le piegature, che sono le parti più fragili del pannello, possono rompersi.	Il rischio di danni durante la fase di assemblaggio e disassemblaggio è molto basso, aumentando la possibilità di riuso.	Il rischio di danni durante la fase di assemblaggio e disassemblaggio è molto basso, aumentando la possibilità di riuso. Durante il trasporto e la movimentazione, il velcro può danneggiarsi diminuendo la sua capacità di adesione.

Criteria di circolarità	Connessione ad incastro	Connessione magnetica	Connessione adesiva
<i>Risultato estetico della soluzione tecnologica</i>	Il telaio in alluminio rimane a vista, creando una cornice attorno al pannello. Ciò può costituire una criticità estetica poiché generalmente i telai in alluminio utilizzati durante eventi espositivi sono usurati. Inoltre, non è possibile effettuare immagini stampate in continuità su più pannelli, in quanto l'immagine sarebbe interrotta dal telaio. Per questo motivo la soluzione è più adatta per pareti a pannelli non stampati e quando la sottostruttura è ben curata per essere lasciata a vista.	Il telaio in alluminio viene nascosto dai pannelli. Questo permette di mostrare immagini stampate in continuità su più moduli. Inoltre, il fissaggio magnetico permette una facile regolazione dei pannelli per garantire l'allineamento perfetto delle porzioni di immagine stampata su più pannelli.	Il telaio in alluminio viene nascosto dai pannelli. Questo permette di mostrare immagini stampate in continuità su più moduli. Tuttavia, il fissaggio in velcro non consente una facile regolazione dei pannelli per garantire che le immagini stampate in continuità su più moduli siano perfettamente allineate. Per regolare gli allineamenti sarebbe necessario rimuovere il pannello e riagganciarlo. Per questo motivo la soluzione è più adatta per pareti con pannelli non stampati.
<i>Interdipendenza tecnologica e intercambiabilità dei componenti</i>	L'intercambiabilità degli elementi (es. sostituzione di un solo pannello) è poco flessibile in quanto è necessario smontare il telaio in alluminio per rimuovere e sostituire un pannello.	L'intercambiabilità degli elementi (es. sostituzione di un solo pannello) è garantita. Il pannello può essere rimosso autonomamente, senza smontare la sottostruttura in alluminio. Maggiore difficoltà si presenta nel disassemblaggio tra il foglio magnetico e il pannello, poiché sono uniti tramite incollaggio.	L'intercambiabilità degli elementi (es. sostituzione di un solo pannello) è garantita. Il pannello può essere rimosso autonomamente, senza smontare la sottostruttura in alluminio. Maggiore difficoltà si presenta nel disassemblaggio tra il velcro e il pannello, poiché sono uniti tramite incollaggio.
<i>Potenzialità di riutilizzo e rilavorazione</i>	Il pannello può essere riutilizzato anche con altri telai di forma diversa.	Il giunto di fissaggio magnetico in gomma può essere riutilizzato solo con	Il giunto di supporto al velcro può essere riutilizzato solo con lo stesso profilo di

Criteria di circolarità	Connessione ad incastro	Connessione magnetica	Connessione adesiva
	<p>Inoltre, eventuali difetti dei bordi del pannello riutilizzato vengono nascosti dal telaio, allungando la vita utile del pannello. Il riuso, dunque, può essere effettuato anche se il pannello è parzialmente danneggiato sui bordi.</p>	<p>lo stesso profilo di telaio per il quale è stato prodotto, poiché la sua forma non è adatta ad ogni tipo di profilo presente sul mercato. Il pannello può essere riutilizzato, invece, con altri sistemi magnetici. Tuttavia, se vengono arrecati danni lungo i bordi dei pannelli, durante la fase di trasporto, il pannello non può più essere riusato in quanto i danni resterebbero a vista. Occorre dunque una rilavorazione (es. taglio delle parti danneggiate), per poterlo riutilizzare.</p>	<p>telaio per il quale è stato prodotto, poiché la sua forma non è adatta ad ogni tipo di profilo presente sul mercato. Il pannello può essere riutilizzato in altre soluzioni e agganciato ad altri tipi di supporto, ma sempre con sistema di fissaggio a velcro. Il limite di riuso è dato dalla durata del velcro, cioè per quanto tempo il velcro rimane in grado di aderire. Se vengono arrecati danni lungo i bordi dei pannelli, durante la fase di trasporto, il pannello non può più essere riusato in quanto i danni resterebbero a vista. Occorre dunque una rilavorazione (es. taglio delle parti danneggiate), per poterlo riutilizzare.</p>
<p><i>Tempi del processo di assemblaggio e disassemblaggio</i></p>	<p>L'inserimento nel profilo richiede attenzione, poiché è necessario premere manualmente la piegatura del pannello per inserirla nella struttura in alluminio. Il disassemblaggio del pannello dal telaio richiede cura in quanto le piegature sono la parte più debole del pannello.</p>	<p>I tempi di assemblaggio e disassemblaggio in cantiere sono molto brevi in quanto i pannelli sono immediatamente collegati al magnete e sono facilmente allineabili. La riduzione dei tempi riduce anche il costo della manodopera, compensando il maggior costo dei componenti.</p>	<p>Se il sistema non presenta stampe continue su pannelli affiancati, i tempi di assemblaggio e disassemblaggio in cantiere sono molto brevi. Nei casi in cui sono previste stampe in continuità tra pannelli, i tempi di assemblaggio risultano più lunghi, in quanto l'allineamento delle parti di immagine</p>

Criteria di circolarità	Connessione ad incastro	Connessione magnetica	Connessione adesiva
	Tempi più lunghi rispetto alle altre soluzioni, portano il sistema ad essere meglio applicato in altri settori (retail, uffici) in cui vi è più tempo a disposizione per le fasi di assemblaggio e disassemblaggio.	Ciò rende la soluzione magnetica competitiva rispetto ad altre soluzioni più economiche, ma che richiedono maggiori tempi di assemblaggio (e quindi maggiori costi di manodopera).	è più complicata. In tal caso, il sistema è maggiormente adatto ad altri settori (retail, uffici) in cui vi è più tempo a disposizione per le fasi di assemblaggio e disassemblaggio.

8.4 Definizione di soluzioni di riprogettazione (*re-design*)

Lo sviluppo digitale, la prototipazione e l'analisi di differenti sistemi reversibili di partizione verticale, effettuata dal progetto pilota, forniscono numerosi *feedback* in termini di opportunità tecnologiche per consentire scenari di riutilizzo e rilavorazione. In particolare, sono individuate alcune necessarie azioni di *re-design* delle soluzioni per estendere la vita utile dei prodotti.

La sperimentazione ha dimostrato che il pannello potrebbe subire danneggiamenti ai bordi durante la movimentazione e il trasporto, dunque per i casi di connessione magnetica e connessione a velcro, si potrebbe effettuare una riprogettazione del pannello che preveda di rinforzare i bordi mediante appositi inserti in plastica rigida, all'interno dello strato centrale del pannello, che viene poi ricoperto dagli strati esterni in polipropilene vergine al fine di garantire una più alta durabilità del pannello e consentire molteplici cicli di riuso.

Sempre per i sistemi magnetici e a velcro, sarebbe necessaria una progettazione di giunti di connessione (in gomma o in PVC) adattabili a molteplici tipologie di sottostruttura per aumentare il livello di adattabilità del sistema. Inoltre, al fine di evitare completamente l'utilizzo di colle, che presenta criticità in termini di reversibilità, è necessario sviluppare un sistema di ancoraggio meccanico (es. graffatura reversibile) tra il pannello ed il foglio magnetico o il velcro.

È possibile estendere il ciclo di vita dei pannelli, in caso di danneggiamento, attraverso il ridimensionamento degli stessi, rimuovendo le parti danneggiate e riutilizzandoli per lo stesso scopo (eventualmente posizionandoli in senso orizzontale anziché verticale) o per altri scopi (ad esempio come pannelli segnaletici).

Una barriera fondamentale al riutilizzo è costituita dalla personalizzazione dei pannelli attraverso la stampa, che viene realizzata sugli stessi.

A tal fine, è estremamente importante sviluppare soluzioni di ristampa o utilizzare tecnologie alternative di stampa reversibile. Opzioni innovative riguardano ad esempio la stampa lavabile e/o cancellabile. Inoltre, innovazioni progettuali possono prevedere l'aggiunta sulla superficie del pannello di uno strato stampabile, facilmente rimovibile dopo l'uso senza compromettere il supporto del pannello. Ad esempio, ciò può essere effettuato attraverso l'applicazione di pellicole adesive removibili, o di uno strato di tessile stampabile, che eventualmente può essere lavato e riutilizzato per altre applicazioni.

Il processo di *re-design* per ottimizzare il riuso e la rilavorazione dei prodotti, non può prescindere comunque dalla valutazione dell'effettivo vantaggio economico e ambientale delle soluzioni.

In termini di sostenibilità, modifiche nel design del prodotto per il riutilizzo e la rilavorazione potrebbero infatti comportare la modifica di processi produttivi o l'aggiunta di altri componenti che, potrebbero solo apparentemente apportare benefici ambientali in una singola fase del ciclo di vita, spostando gli impatti ambientali ad altre fasi. Pertanto, è fondamentale la valutazione ambientale ed economica dei cicli di utilizzo multipli per verificare l'effettiva sostenibilità ambientale ed economica dell'innovazione del prodotto.

In questa prospettiva, gli strumenti basati sulla metodologia *Life Cycle Assessment* e *Life Cycle Costing* forniscono sicuramente un utile supporto alle decisioni di (ri)progettazione delle tecnologie costruttive e di (ri)organizzazione del processo produttivo e organizzativo.

8.5 Replicabilità e trasferibilità del modello organizzativo

A seguito della sperimentazione del progetto pilota, della co-creazione e della condivisione delle conoscenze con l'attore chiave (produttore), viene tracciata una sintesi dell'esperienza specifica al fine di evidenziare gli aspetti chiave che consentono di replicare e trasferire il modello circolare ad altre esperienze (prodotti diversi o altri settori produttivi).

I passaggi principali (elencati di seguito), basati su una procedura *win-win* supportata dallo sviluppo di tecnologie costruttive reversibili, sono particolarmente rilevanti per mettere in pratica il modello organizzativo circolare basato sul contratto di noleggio come supporto alla rilavorazione (cfr. cap. 6).

1. Il produttore fornisce tecnologie reversibili, facilmente assemblabili/dissassemblabili e durevoli nel tempo, che possono consentire molteplici

opportunità di personalizzazione grafica o di finitura. Il produttore fornisce l'intera soluzione costruttiva (ad esempio pannello e relativo telaio in alluminio).

2. Fornitura al cliente di prodotti come servizio con forma di contratto di noleggio (es. *leasing*, *pay-per-use*).
3. In caso di contratto di noleggio di durata maggiore e rivolto a settori meno temporanei del settore fieristico (es. retail, uffici, alberghi) il produttore può offrire anche servizi di *remanufacturing* in collaborazione con operatori esterni durante il contratto di noleggio per allungare il ciclo di vita dei prodotti (cfr. cap. 5).
4. Per garantire al produttore un ritorno dei propri prodotti e quindi un rilevante volume di materiale da riutilizzare e rilavorare, la pratica del recupero richiede la definizione del contratto di organizzazione della logistica inversa tra produttore/fornitore e cliente, che avviene in modo diverso in base al tipo di fornitura e di cliente:
 - in caso di accordo di noleggio di grandi quantità di prodotti presso uno stesso cliente (es. agenzia fieristica), il contratto prevede che il produttore si occupi direttamente e in maniera autonoma dalla logistica inversa (disassemblaggio, raccolta, trasporto al sito di rilavorazione);
 - in caso di accordi di noleggio a breve termine e medie quantità di prodotti presso diversi clienti, in cui generalmente è presente un fornitore come soggetto intermediario tra produttore e cliente, il contratto prevede che la logistica inversa venga effettuata dal fornitore che colleziona i prodotti e restituisce i prodotti al produttore a fine vita utile;
 - in caso di accordi di noleggio a breve termine e piccole quantità di prodotti presso diversi clienti, il contratto prevede, oltre al costo di noleggio, anche l'applicazione di una cauzione depositata dai clienti, che devono restituire i prodotti in una sede presso la quale il produttore recupera i propri prodotti una volta che il volume è tale da ammortizzare i costi di trasporto, ricevendo in cambio il ritorno della cauzione.
5. Al termine del noleggio, il bene ritorna dunque al produttore, che effettua le operazioni di *remanufacturing* del prodotto.
6. Il produttore, in seguito al processo di rilavorazione per prolungare la vita dei prodotti, reimmette sul mercato i prodotti con lo stesso modello di noleggio.

La possibilità di messa in pratica del modello organizzativo circolare è dunque possibile attraverso un fondamentale processo di riprogettazione dei prodotti, orientato al ciclo di vita. Ciò richiede alcune previsioni, prefigurando le operazioni tecniche necessarie per il riuso, la manutenzione, la rilavorazione nei futuri cicli di vita dei prodotti.

La definizione del dettaglio tecnologico del processo di disassemblaggio e dell'intercambiabilità degli elementi costruttivi possono influenzare in modo decisivo la possibile rilavorazione o riuso diretto dei prodotti. Valido supporto è dato dalle tecnologie digitali di modellazione 3D in ambiente Building Information Modeling (BIM) al fine di creare gemelli digitali dei prodotti (digital twin) che creano elementi virtuali in grado di rispecchiare il comportamento di quelli fisici (Charef, 2022).

Come sperimentato nell'ambito del progetto pilota, i gemelli digitali consentono di stimare la loro fattibilità tecnica e di eseguire simulazioni dei diversi possibili scenari di riutilizzo, rilavorazione e altri scenari di fine vita utile.

Inoltre, l'utilizzo di strumenti BIM rende molto più agile il controllo e la valutazione della sostenibilità delle strategie di innovazione di prodotto. Infatti, lo sviluppo di gemelli digitali in ambiente BIM combinato a strumenti di valutazione del ciclo di vita, come il *Life Cycle Assessment*, permette di confrontare diversi scenari di riutilizzo e rilavorazione dei prodotti, valutando gli impatti in tutte le fasi del ciclo di vita e rispetto a molteplici indicatori ambientali (quindi, non solo in termini di quantità di materie prime consumate e quantità di rifiuti evitati).

Ne consegue che le sfide per l'attivazione di modelli circolari sostenibili non implicano solamente un'innovazione in ambito tecnologico, ma anche un'innovazione in ambito formativo. Infatti, è di fondamentale importanza accrescere, nelle figure professionali che si occupano della fase di progettazione del prodotto, competenze digitali specifiche, unitamente a *know-how* sugli aspetti dell'*eco-design*, competenze sugli aspetti operativi (tempi di assemblaggio/disassemblaggio, ecc.) e sugli aspetti tecnici (normative, strumenti di certificazione, ecc.) relativi alle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto.

Bibliografia

- Charef R. (2022), "The Use of Building Information Modelling in the Circular Economy Context: Several Models and a New Dimension of BIM (8D)", *Clean Eng Technol*, vol. 7.
- Cheshire D. (2016), *Building Revolutions. Applying the Circular Economy to the Built Environment*, RIBA Publishing, New Castel.
- Durmisevic E., Yeang K. (2009), "Designing for Disassembly (DfD)", *Architectural Design*, 79, 6.
- Rios F.C., Chong W.K., Grau D. (2015), "Design for Disassembly and Deconstruction – Challenges and Opportunities", *Procedia Engineering*, 118.

9. *Sperimentazioni di riuso e remanufacturing con il coinvolgimento del terzo settore*

di *Salvatore Viscuso, Nazly Atta, Serena Giorgi, Anna Dalla Valle*

9.1 **Potenziale organizzativo e tecnico del terzo settore**

La seconda sperimentazione condotta nell'ambito del progetto Re-Net-TA ha riguardato l'applicabilità del modello organizzativo relativo ai mercati alternativi/secondari per i componenti rigenerati (rif. capitolo 7). Il progetto si basa sull'attivazione di una rete che coinvolga il terzo settore, fungendo da player manageriale per i processi di rigenerazione della filiera ed introducendo il ruolo fondamentale delle tecnologie digitali a supporto della logistica inversa. In particolare, la sperimentazione ha previsto l'utilizzo di modelli digitali parametrici, per definire diverse soluzioni di riuso o rigenerazione, e di piattaforme web che collocano i prodotti su un mercato virtuale in grado di raggiungere i clienti prima di effettuare la rigenerazione dei prodotti.

Per il progetto pilota è stata coinvolta una cooperativa sociale con sede in Lombardia¹, organizzata secondo un innovativo modello di governance partecipativa: attraverso una complessa rete di artigiani e l'inserimento lavorativo di operatori sociali vulnerabili, l'organizzazione no-profit attiva processi di recupero in diversi settori (dall'alimentare alla moda e all'arredo di interni) con l'obiettivo di ridurre gli sprechi e allungare la vita utile dei prodotti.

Pur avendo le competenze tecniche e le attrezzature per le lavorazioni, e gestendo alcuni canali di vendita già attivi (negozi dell'usato), le principali problematiche riscontrate dagli operatori della cooperativa si sono manifestate nel riuscire a finalizzare le rilavorazioni secondo i desideri e le esigenze dei possibili futuri utilizzatori, considerando che le attività ven-

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

1. CAUTO cooperativa sociale, Via Buffalora, 3 E, 25135 Brescia.

gono svolte non in modo standardizzato come avviene industrialmente, ma con processi produttivi altamente variabili e per piccoli lotti di prodotti provenienti da smaltimenti differenti.

Per testare il modello organizzativo è stato innanzitutto necessario individuare un flusso di componenti edili da smaltire ma ancora di buona qualità, provenienti dalle attività di re-layout interna al settore terziario. Non essendoci strumenti operativi (ad esempio, piattaforme digitali per il recupero dei materiali da poter reimpiegare), i ricercatori di Re-NetTA hanno individuato autonomamente un flusso di prodotti adatti alla sperimentazione, provenienti dalle attività di ristrutturazione degli uffici dipartimentali del Politecnico di Milano. In particolare, la sperimentazione è stata applicata ad alcune porte di uffici, ancora in ottime condizioni, che dovevano essere sostituite e quindi gestite secondo le modalità di smaltimento dei rifiuti da attività di cantiere.

Durante il progetto pilota, il team di ricerca ha creato un'interazione tra l'impresa edile dei lavori di ristrutturazione degli uffici e la cooperativa del terzo settore. I primi ostacoli da sciogliere riguardavano l'aspetto legislativo e burocratico del conferimento dei rifiuti al terzo settore. Essendo coinvolto un ente pubblico (ovvero un'università degli studi), non è stato possibile procedere ad un acquisto diretto delle porte, in quanto i prodotti di proprietà pubblica non possono essere venduti. La soluzione della donazione ha quindi permesso di poter impiegare le dieci porte nell'attività sperimentale di remanufacturing.

La gestione della logistica inversa è stata svolta dalla cooperativa, che di fatto dispone dei mezzi e delle autorizzazioni necessarie per il trasporto dei rifiuti. La cooperativa ha avviato la sperimentazione, effettuando la raccolta, il trasporto e lo stoccaggio delle porte. Il terzo settore ha dimostrato la sua capacità di gestire ridotte quantità non costanti di prodotti (piccoli lotti di materiali di seconda vita con condizioni di stato diverse), sia nella logistica di recupero che nella lavorazione.

Inoltre, il terzo settore ha dimostrato di avere le competenze per effettuare ricostruzioni e riproposizioni, attraverso le proprie attrezzature tecniche e macchinari o mediante la collaborazione con altre cooperative o reti artigiane già presenti sul territorio. Ciò aumenta le possibilità di rivendere prodotti rigenerati su mercati alternativi o secondari (ad esempio verso settori a basso reddito), disponendo di spazi già destinati alla vendita dei prodotti.

9.2 Costruzione dei modelli digitali a supporto delle attività di rimanifattura

Nell'ambito dell'industrial design, il termine “adattamento” denota la capacità di rispondere in modo competitivo ai bisogni del mercato, mentre per “adattabilità” o *fitness* si intende la propensione a mantenere ed ampliare la plasticità evolutiva di un prodotto, ovvero la possibilità di evolvere in una grande varietà di ambienti (Pietroni, 2006). Seguendo quest'ultima peculiarità, sulla quale si basa la progettazione di tipo parametrico-computazione di moltissimi oggetti di largo consumo, anche in architettura l'interazione digitale tra progettazione tecnologica e produzione industriale consente oggi la realizzazione di sistemi costruttivi adattabili e performanti, proponendosi come strumento per l'impiego *on-demand* dei processi di fabbricazione digitale (Cangelli, 2018). Questi driver hanno origine in sofisticate logiche ingegneristiche potenziate dal calcolo che sono ora disponibili per gli architetti nelle prime fasi di progettazione. Vari vincoli geometrici basati sulla fabbricazione e sui materiali possono anche essere incorporati nei processi di progettazione generativa, che vengono poi utilizzati per computare la soluzione ottimale.

Nonostante la cooperativa coinvolta collabori già con designer in grado di riprogettare soluzioni da riutilizzare o rigenerare per i mercati secondari, nel caso del progetto pilota la riprogettazione delle porte è stata coadiuvata dai ricercatori del Politecnico di Milano, al fine di valutare e confrontare diversi progetti di riutilizzo/riparazione o rigenerazione dei prodotti sfruttando le potenzialità della progettazione parametrica nel combinare le possibili lavorazioni e i trattamenti di recupero da poter applicare ai prodotti post-consumo, con la possibilità di monitorare i costi di produzione di nuovi oggetti.

La fase di progettazione è stata avviata da una valutazione delle caratteristiche e delle prestazioni residue delle porte recuperate. La Tabella 9.1 ha permesso di confrontare le riconfigurazioni e/o rifunzionalizzazioni per i nuovi prodotti ottenuti, con la semplice riparazione e riuso delle porte nella loro attuale configurazione. Le differenze sono distinte in termini di applicabilità dei vari processi opzionabili (semplice riparazione o rimanifattura parziale/completa, cfr. par. 7.1), figurando così un elenco di criteri per orientare le proposte progettuali (Steinhilper, 1998).

Tab. 9.1 - Check-list per progetto pilota di rimanifattura delle porte interne

RIMANIFATTURA		RIPARAZIONE	
Applicabilità			
Prodotti usati			Prodotti danneggiati
Prodotti danneggiati			
Processo			
Completamente disassemblabile			Parzialmente disassemblabile
Pulizia e verifica di tutti i componenti			Pulizia e verifica parziali dei componenti
Upgrade funzionale e/o tecnologico del prodotto o di sue parti / componenti			Recupero o sostituzione di componenti danneggiati
Completo riassettaggio o riconfigurazione			Riassettaggio di componenti riparate
Caratteristiche			
Processo industrializzato			Lavoro meccanico
Recupero completo del prodotto in condizioni pari al nuovo			Riparazione dei singoli componenti danneggiati
Il cliente acquista un prodotto trasformato con tracciamento della filiera di circolarità			Il cliente mantiene la proprietà del prodotto durante il processo
Upgrade/Upcycling di stato / funzione			Il prodotto mantiene lo standard precedente

Le porte, a due ante battenti con telaio in pvc, hanno dimensioni di 1,58x2,23 m. Una delle due ante presenta una pannellatura in plexiglas, mentre quella principale è costituita da un pannello tamburato con finitura da entrambi i lati in fogli di PVC. La costruzione dei modelli digitali, ottenuti attraverso la progettazione parametrica, ha permesso di dare vita a diverse configurazioni di prodotti, simulandone i processi di disassemblaggio e riconfigurazione finale (Fig. 9.1). Gli strumenti di disegno digitale parametrico hanno permesso di modellare varie opzioni di riconfigurazione delle porte, controllandone la fattibilità tecnica e gli eventuali residui di lavorazione, e di prevedere i costi di ciascun processo produttivo. A titolo esemplificativo, si presentano alcune delle molteplici combinazioni di lavorazioni sui semilavorati (telai e pannellature):

- porta a due ante ricolorata, con pannelli sostitutivi opachi (Fig. 9.2 a);
- porta a due ante ricolorata, con pannelli sostitutivi in vetro temperato (Fig. 9.2 b);
- porta a due ante con pannelli sostitutivi in vetro temperato (Fig. 9.2 c);
- due porte separate con anta singola (Fig. 9.2 d);
- libreria a giorno realizzata con i componenti di risulta recuperati dalla rilavorazione delle porte (Fig. 9.2 e);
- tavoli realizzati con i materiali di risulta recuperati dall'assemblaggio delle librerie a giorno (Fig. 9.2 f).

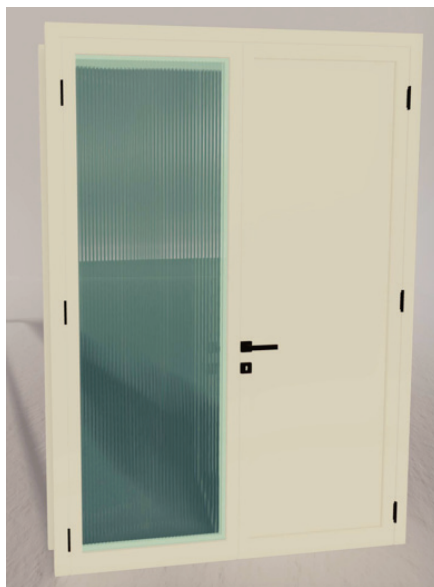
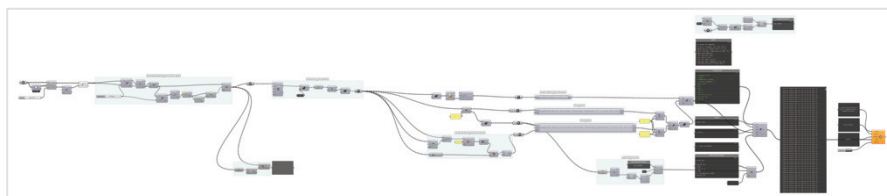


Fig. 9.1 - Una delle porte oggetto della sperimentazione e modello digitale parametrico costruito in Rhino Grasshopper

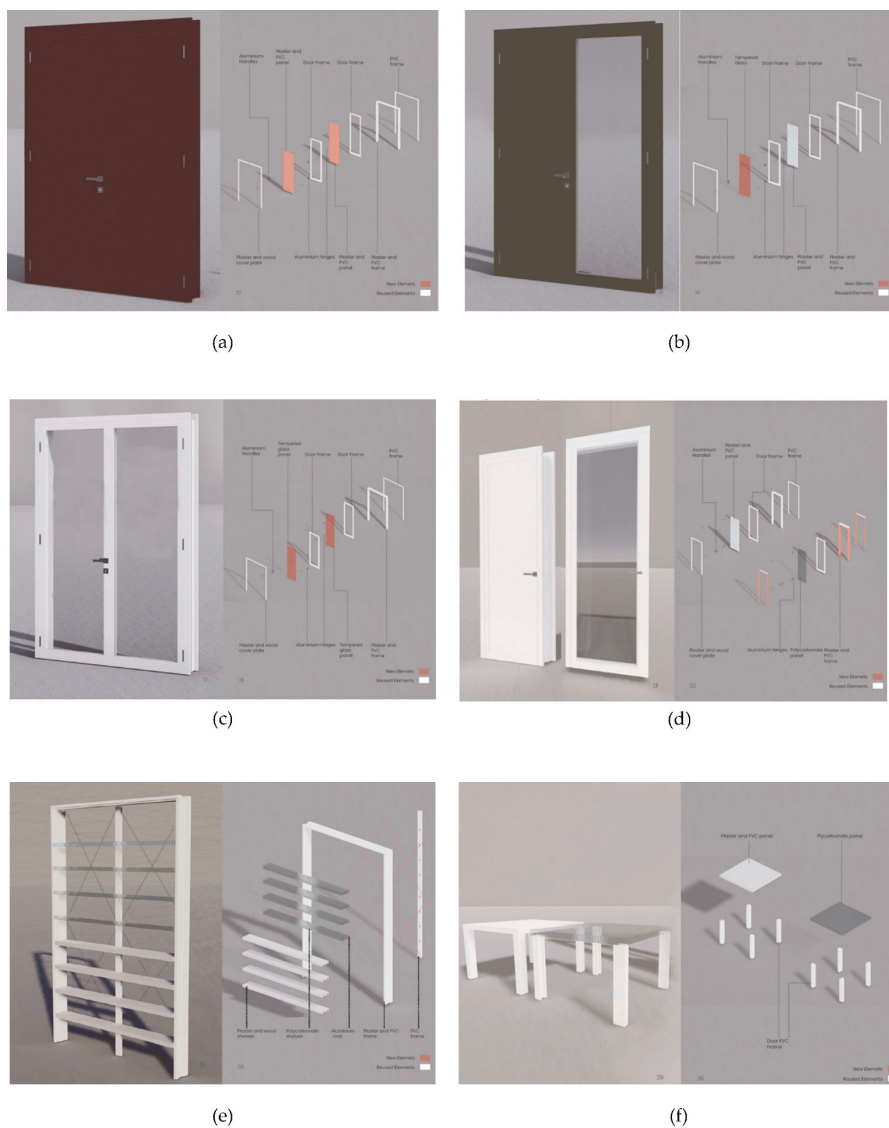


Fig. 9.2 - Possibili alternative di rimanifattura analizzate mediante la modellazione digitale

Per ogni azione prefigurata è stata implementata un'analisi dei costi di produzione e di vendita sul mercato, che ha messo a confronto la spesa di ciascuna lavorazione, calcolata attraverso una media stimata tra il Listino Prezzi Regione Lombardia 2021 (per conto dell'art. 23 del

D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.) e i possibili sconti applicabili, secondo le indicazioni degli operatori del terzo settore. La valutazione dei tempi e dei costi stimati per i diversi processi di riutilizzo e rigenerazione ha permesso quindi di determinare il costo finale del prodotto da immettere sul mercato.

9.3 Creazione di un mercato virtuale *on-demand* per i prodotti rilavorati

Una barriera riscontrata dagli operatori del terzo settore riguarda l'assunzione del rischio di rilavorazione dei prodotti senza essere certi dell'effettiva domanda del mercato e della possibilità di vendere i beni rigenerati. Pertanto, al fine di affrontare questa barriera e promuovere le forme di *empowerment*, è stata sviluppata e applicata una strategia produttiva differente rispetto agli attuali modelli organizzativi della cooperativa.

La soluzione proposta è l'identificazione preventiva dei potenziali acquirenti prima di attivare la raccolta e le attività di rimanifattura. In questo caso, l'utilizzo di piattaforme web consentirebbe di avvicinare l'offerta di prodotti rigenerati con la domanda dei clienti.

Attraverso una piattaforma digitale (Fig. 9.3) è possibile scambiare informazioni sui prodotti post-consumo disponibili (foto, ubicazione, numero di pezzi, dati tecnici del produttore, dimensioni, ecc.) e caricare i modelli virtuali dei prodotti ottenibili, con diverse possibilità per il riutilizzo e la rigenerazione dei materiali recuperati prima che vengano rilavorati.

Se implementata a un livello operativo, la simulazione dei prodotti rilavorati può fornire in tempo reale il potenziale prezzo di vendita sul mercato in base alle possibili configurazioni di prodotto selezionabili, ed offrire l'opportunità di inserire l'oggetto all'interno di uno spazio interno mediante applicativi di realtà aumentata, con l'obiettivo di vendere i prodotti prima di recuperarli dal cantiere. In questo modo, si limita il rischio che il prodotto rigenerato non venga venduto, mentre l'attività di remanufacturing può essere orientata anche dalle preferenze che emergono dal feedback dei clienti che utilizzano la piattaforma.

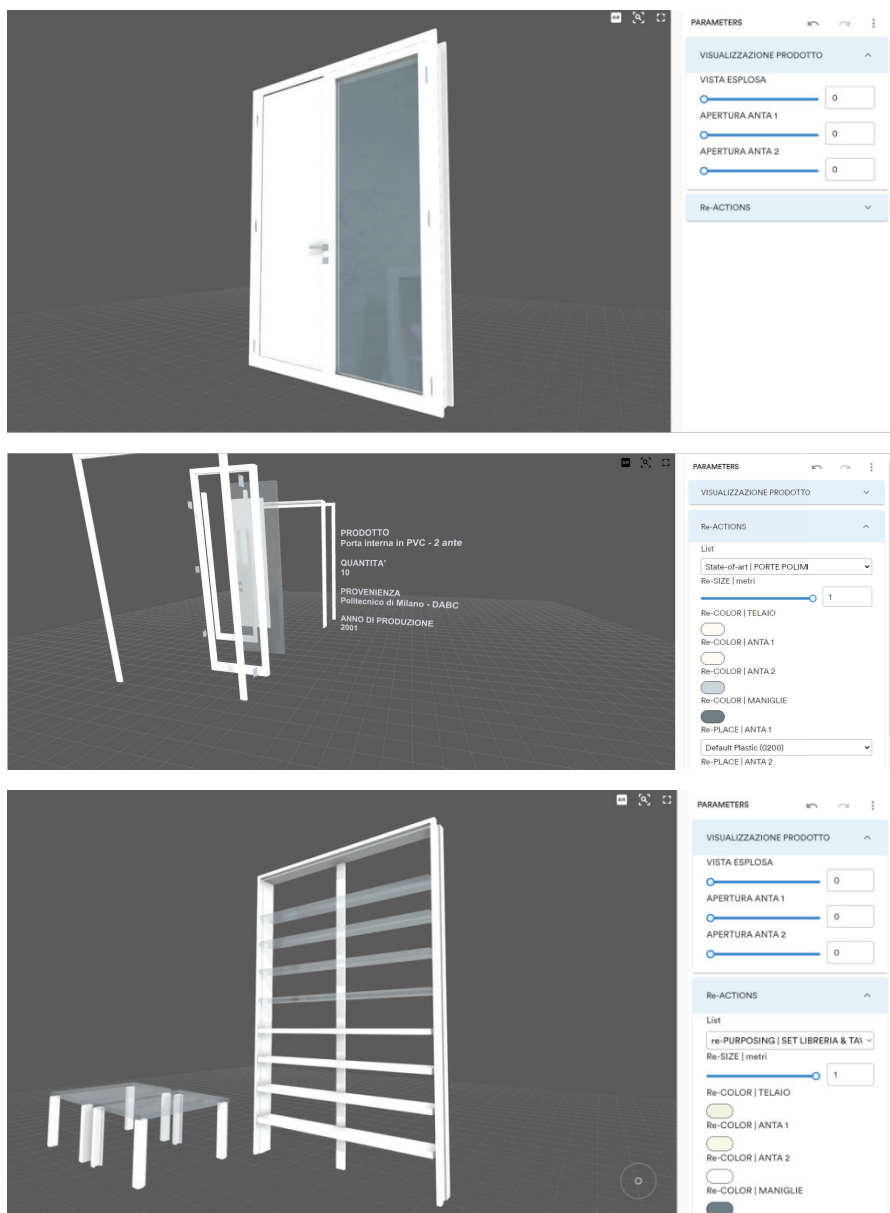


Fig. 9.3 - Sviluppo della piattaforma digitale per il mercato virtuale dei prodotti da realizzare in funzione della domanda di mercato

9.4 Replicabilità e trasferibilità del modello organizzativo

A seguito della sperimentazione del progetto pilota, della co-creazione e della condivisione delle conoscenze con l'attore chiave (il terzo settore) viene tracciata una sintesi dell'esperienza specifica, al fine di evidenziare gli aspetti chiave che consentono di replicare e trasferire il modello circolare ad altre esperienze (prodotti diversi o altri settori produttivi).

I principali step elencati di seguito, basati su una procedura *win-win* supportata dalle tecnologie digitali, sono particolarmente rilevanti per mettere in pratica il modello organizzativo circolare basato sui mercati alternativi/secondari per i prodotti rigenerati (cfr. cap. 7).

1. Pubblicazione su una piattaforma, da parte dell'operatore che dispone di prodotti/lotti da smaltire (provenienti dal settore terziario, allestimenti, *retail*, *temporary shop*, *hospitality*, ecc.), di un report contenente le informazioni sul prodotto.
2. Analisi da parte del responsabile dell'attività di *re-manufacturing* e prima valutazione di fattibilità, con eventuale sviluppo del gemello virtuale, per confrontare le possibili riconfigurazioni in relazione alla manutenzione, riparazione o rimanifattura del prodotto; stima delle attività necessarie per ogni lavorazione applicabile, delle risorse umane da coinvolgere, del prezzo di vendita.
3. Proposta di soluzioni alternative di rigenerazione del prodotto attraverso la piattaforma digitale con definizione del relativo prezzo, caratteristiche tecniche, area di vendita, durata dell'offerta.
4. Manifestazione di interesse da parte di possibili acquirenti.
5. Al raggiungimento della soglia minima di acquirenti, accettazione dei prodotti da rigenerare, si avvia il recupero dei prodotti, e viene attivata la rete di artigiani coinvolti.
6. Al termine delle attività di remanufacturing, consegna dei prodotti rigenerati ai clienti.

Questa “visione”, al momento, presenta numerose sfide da affrontare. Nel settore delle costruzioni, i maggiori ostacoli alla diffusione dei processi di riuso sono rappresentati dal gap normativo che tuttora non tiene in considerazione la marcatura (e, in genere, un processo di armonizzazione) per i materiali di seconda vita; dalla stessa normativa sui rifiuti, che non contempla processi virtuosi alternativi alle consolidate filiere di riciclo, le quali non sempre possono riciclare i materiali a seguito di trattamenti o contaminazioni della materia di base; dal costo dei processi di logistica inversa e dalle scarse capacità di rifornire prontamente il mercato e le filie-

re di lavorazione, generando incertezze nelle forniture; infine, ma non meno importante, dai problemi strettamente connessi alla lavorabilità stessa dei materiali recuperati. Se, da alcuni anni, si sta pensando a una revisione della *Construction Products Regulation (CPR) 305/2011* al fine di favorire la creazione di filiere produttive, rimane tuttora il limite del deterioramento del materiale e dell'incertezza sui costi (Viscuso, 2021).

Ciò nonostante, la recente pubblicazione dello Standard BS ISO 20887:2020 (*Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance*) intende fornire un framework organizzativo e metodologico per i differenti operatori e stakeholder coinvolti nel processo costruttivo, con l'obiettivo di promuovere la progettazione per lo smontaggio, i principi di adattabilità e le possibili strategie utili ad attivare nuovi processi circolari basati sulla rigenerazione dei materiali.

Bibliografia

- Cangelli E., Conteduca M. (2018), “Architettura on demand. Nuovi scenari per il progetto e l'industria delle costruzioni”, *TECHNE: Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 16, pp. 96-104. DOI: 10.13128/Techne-23036.
- Pietroni L. (2006), “Gli oggetti usa e getta: l'ipertelia”, in De Martini A., Losito R., Rinaldi F., *Antologia di saggi sul design di quarant'anni di Op. cit.*, FrancoAngeli, Milano, pp. 260-267. ISBN: 8846473698.
- Steinhilper R. (1998), *Remanufacturing; The Ultimate Form of Recycling*. Fraunhofer-IRB-Verlag. ISBN: 9783816752165.
- Viscuso S. (2021), “Coding the circularity. Programmare il disassemblaggio e il riutilizzo dei componenti edili”, *TECHNE: Journal of Technology for Architecture & Environment*, n. 22, pp. 271-278. DOI: 10.36253/techne-10620.

Conclusioni

di *Cinzia Talamo*

L'applicazione dei principi dell'economia circolare sicuramente rappresenta per il settore delle costruzioni prima di tutto un obiettivo ineludibile in relazione a traguardi globali quali la neutralità climatica, la decarbonizzazione, la riduzione dell'impronta ecologica, l'acquisizione di modelli di consumo e produzione responsabili come definiti dall'Agenda ONU.

Contemporaneamente l'economia circolare rappresenta per il settore delle costruzioni sia una sfida per il superamento di barriere e inerzie (in più punti descritte all'interno del libro) sia una opportunità di cambiamenti che devono essere considerati in una dimensione sistemica coinvolgendo diverse filiere. Si tratta di un coinvolgimento che necessariamente riguarda operatori tradizionali e nuovi, appartenenti agli ambiti del manifatturiero di materiali e prodotti per l'edilizia, della costruzione, dei servizi a supporto dell'uso e gestione, della dismissione e reimmissione in nuovi cicli d'uso e manifattura.

Allo stesso tempo il cambiamento riguarda differenti ambiti della progettazione, dove approcci quali design for disassembly, design for remanufacturing, ecc. trovano diverse declinazioni (come rappresentato in diversi capitoli del libro) a seconda che si sia in presenza dello sviluppo di componenti e sistemi, della configurazione degli edifici o della trasformazione di manufatti esistenti.

All'interno di questo scenario di possibili trasformazioni, le analisi condotte nel campo dell'edilizia per il terziario durante lo sviluppo della ricerca Re-NetTA (cfr. Introduzione), e i successivi spunti di approfondimento da essa derivati, hanno permesso di mettere a fuoco il fatto che rimanifattura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione di prodotti e

* Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC), Politecnico di Milano.

sistemi edilizi – quelle azioni che abbiamo chiamato le “4 R” – rappresentano le più virtuose pratiche di economia circolare in termini di riduzioni nell'utilizzo di risorse e nella produzione di rifiuti.

Una consapevolezza acquisita, anche grazie alle interlocuzioni organizzate durante la ricerca con molteplici categorie di stakeholder, riguarda il fatto che le possibilità di penetrazione e diffusione di queste pratiche dipendono dalla realizzazione di una serie di condizioni, capaci di dare fiducia ai vari operatori e di rendere applicabili alcuni modelli organizzativi (cfr. capp. 5, 6, 7) individuati come i più promettenti per il settore delle costruzioni.

Si tratta di condizioni riconducibili a una varietà di piani di lettura, di approcci, di scale di intervento e di stakeholder di riferimento, come emerge se si cerca di riassumerle in una lista, seppur non esaustiva, nella quale è possibile includere:

- l'acquisizione e diffusione di indicatori di circolarità condivisi utili alla comparazione delle soluzioni e alla premialità all'interno di diversi contesti (selezione prodotti, bandi di progettazione, indicazioni capitolari, ecc.);
- lo sviluppo e la sperimentazione di metodi di analisi utili a supportare la scelta, rispetto a diverse variabili di contesto, delle più appropriate azioni tra le 4R e la valutazione dei benefici/rischi connessi (economici, ambientali, sociali);
- la definizione di set di dati utili alla valutazione della circolarità e di modalità per il tracciamento delle informazioni durante il ciclo di vita dei manufatti;
- l'assunzione di regole comuni sia a livello nazionale che internazionale (normative e procedurali) capaci di governare diversi aspetti come le responsabilità e le garanzie sui prodotti rimanifatturati/riusati e le modalità di cessione di prodotti da dismettere a fine ciclo;
- il ricorso a incentivi/prescrizioni per spingere verso soluzioni progettuali sia orientate a future azioni di rimanifattura/riuso (circolarità ex ante), sia caratterizzate dalla richiesta di forniture di prodotti derivati da processi circolari (circolarità ex post);
- la creazione e diffusione di strumenti di supporto all'incontro tra domanda ed offerta (come per esempio piattaforme per lo scambio di manufatti e la messa in comunicazione di competenze);
- la creazione di network per la messa a sistema di diverse competenze attivabili delle attività di rimanifattura con il coinvolgimento anche delle aziende del terzo settore al fine di sfruttare le loro capacità di rete e le abilità artigianali presenti sui territori;

- la sperimentazione, anche attraverso esperienze pilota, e la diffusione di nuovi modelli organizzativi collaborativi basati sull'utilizzo anziché la proprietà dei prodotti, finalizzati ad aumentare l'efficienza delle risorse impiegate anche imparando da quanto ormai consolidato nell'ambito della cosiddetta sharing economy;
- la predisposizione, anche attingendo dalle esperienze maturate in altri settori, di Sistemi di Prodotto-Servizio Sostenibile (S.PSS), adeguati alla particolarità delle costruzioni, spingendo su modelli di business basati sull'integrazione di prodotti e servizi in relazione a specifiche richieste dei consumatori;
- la diffusione di una cultura della circolarità attraverso azioni sia di formazione dei progettisti rispetto ad approcci di Life Cycle Design (LCD) e di design per il re-manufacturing, sia di informazione dei committenti degli interventi edilizi e degli utilizzatori degli spazi costruiti sui vantaggi derivabili da prodotti riusati e rimanifatturati.

Le molte condizioni elencate danno evidenza della complessità della questione, che richiede di essere affrontata con approcci sia top down che bottom up, con il coinvolgimento sia degli organismi pubblici che degli operatori del mercato. Tuttavia non deve prevalere lo scoraggiamento, poiché molte azioni si collocano all'interno di percorsi già intrapresi, anche grazie alle sollecitazioni provenienti dall'ambito comunitario.

Siamo sicuramente all'interno di una transizione dove il settore delle costruzioni ha la possibilità di aggiungere con gradualità nuovi approcci e nuovi ruoli accanto a quelli tradizionali; in questo senso quelle condizioni possono in qualche maniera rappresentare la traccia per una roadmap e allo stesso tempo finestre di approfondimento per ricerche e sperimentazioni.

In questa direzione la ricerca Re-NetTA, che ha fornito molti spunti di riflessione per questo libro, nella sua parte applicativa si è data l'obiettivo di indagare e sperimentare le condizioni per la creazione di networking multisettoriali, guardando alla realizzazione di una rete multisettoriale per la rimanifattura collegando diverse categorie di operatori chiave: quelli che si occupano della gestione e trasformazione degli spazi per il settore terziario (operatori nel settore dei servizi di progettazione e fornitori di servizi di Facility Management), quelli del disassemblaggio e del recupero di materiali e componenti (imprese di costruzione, imprese di demolizione, fornitori di logistica, operatori di trasporto e stoccaggio, ecc.), gli attuali o potenziali operatori della rimanifattura (artigiani e piccole e medie imprese manifatturiere, produttori di componenti per l'edilizia originali, rimanifatturatori indipendenti, reti del terzo settore, fornitori di pezzi di ricambio,

ecc.), quelli della commercializzazione di prodotti edilizi circolari, quelli connessi all'uso finale su scala regionale ed extra-regionale (progettisti, imprese di costruzione, clienti pubblici e privati, cooperative edili, operatori di edilizia sociale, ecc.). L'obiettivo è stato quello di mettere in contatto tutti gli stakeholder allo stesso tempo per: evidenziare le potenzialità di mercato, collaborare allo scambio di informazioni su disponibilità, caratteristiche e flussi di componenti edilizi da riusare/rimanifatturare; analizzare le strategie commerciali; attivare gli interessi di investitori terzi o di altri tipi di operatori finanziari (leasing, assicurazione). L'interesse suscitato negli operatori coinvolti fa sperare nel moltiplicarsi di queste esperienze e nella condivisione dei risultati.

Gli Autori

Marika Arena, PhD, è professore ordinario di Accounting Finance and Control, presso il Politecnico di Milano. È Coordinatore del Corso di Studi in Ingegneria Gestionale e fa parte del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Gestionale. I suoi interessi di ricerca riguardano la sostenibilità e la misurazione e gestione dell'impatto. È autrice di oltre 100 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali, atti di convegni e capitoli di libri.

Nazly Atta, PhD, è ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano. Conduce ricerche sui temi dell'economia circolare, delle tecnologie digitali per la progettazione e la gestione dell'ambiente costruito, del *facility management* e della manutenzione degli edifici. È autrice di numerose pubblicazioni su questi temi e presenta il suo lavoro a convegni nazionali e internazionali. Nel 2019 consegue il dottorato di ricerca con lode presso il Politecnico di Milano (DABC) con una tesi sull'adozione delle tecnologie ICT (*Information and Communication Technology*) e IoT (*Internet of Things*) per l'innovazione delle pratiche di *facility management* e gestione degli edifici. Nel 2017 è *Visiting Researcher* presso il *Department of Management in the Built Environment* (MBE) della Delft University of Technology, Paesi Bassi. È membro del *LifeCycleTEAM* del Politecnico di Milano (DABC) e della *Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP). Dal 2017 è membro della Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura (SITdA).

Andrea Campioli, architetto, dottore di ricerca in Tecnologia dell'architettura, dal 2005 professore di tecnologia dell'architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano dove dal 2022 è Preside della Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle costruzioni. L'attività di ricerca si concentra sugli effetti dell'innovazione tecnica e tecnologica sulla cultura del progetto in architettura con particolare attenzione ai processi innovativi orientati alla sostenibilità ambientale degli edifici e dei componenti nel loro ciclo di vita. Su questi temi, in ambito nazionale e internazionale, coordina e partecipa a progetti di ricerca, tiene seminari e conferenze ed è autore di monografie, saggi e articoli su rivista.

Anna Dalla Valle, architetto e PhD, è ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano, dove si pone l'obiettivo di colmare il divario tra teoria e pratica. È associata all'Associazione Rete Italiana LCA e alla Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA); membro del gruppo di lavoro LCA del *Green Building Council* (GBC, Italia) e dell'*Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP). Si occupa di sostenibilità ambientale del settore edilizio considerandone l'intero ciclo di vita e oltre, in ottica di economia circolare. Ha conseguito il dottorato di ricerca con la tesi "*Environment-driven change management in AEC firms. Life Cycle Perspective in Practice*", finalizzata a integrare la valutazione del ciclo di vita all'interno del processo decisionale delle strutture di progettazione. Il suo lavoro è stato presentato a conferenze nazionali e internazionali, pubblicando diversi articoli riguardo a: studi *Life Cycle Assessment* (LCA), metodi e strumenti di valutazione della sostenibilità per l'eco-design e pratiche circolari, ottimizzazione dei processi edilizi, analisi dei flussi di risorse, informazioni e competenze.

Serena Giorgi, architetto e PhD, è assegnista di ricerca presso il Dipartimento ABC del Politecnico di Milano. La sua attività di ricerca riguarda i temi di sostenibilità ambientale ed economia circolare nel settore edilizio, con attenzione a tecnologie costruttive reversibili, strategie di riuso, metodi e strumenti *Life Cycle Assessment*, sistemi di tracciabilità delle informazioni a scala di edificio e di prodotto. Ha svolto attività di ricerca presso *Loughborough University*, *University of Southern Denmark* e *Flemish Institute for Technological Research*. È socio della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA) e dell'Associazione Rete Italiana LCA, per la quale coordina il GdL "LCA in edilizia". È membro attivo della Cost-Action CircularB, del gruppo IEA EBC Annex 89, della Italian Circular Economy Stakeholder Platform (ICESP), e partecipa, inoltre, ai gruppi di lavoro per la definizione dei CAM edilizia. Ha presentato i suoi lavori di ricerca a convegni nazionali e internazionali ed è autrice di numerose pubblicazioni scientifiche.

Monica Lavagna, architetto e PhD, dal 2015 è professore associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano e membro dell'unità di ricerca LifeCycleTEAM. Fa parte del Collegio del Dottorato ABC e coordinatore del corso di dottorato di ateneo "Sustainability metrics, Life Cycle Assessment and Environmental Footprint". Presidente dell'Associazione Rete Italiana LCA e membro di gruppi di lavoro nazionali e internazionali legati alla sostenibilità e all'economia circolare (ad esempio, ISO TC59, CEN TC350, IEA Annex89, COST CirculaB, CAM-GPP, GBC Italia, ICESP). I suoi interessi di ricerca riguardano la sostenibilità, l'economia circolare e la valutazione del ciclo di vita nel settore dell'edilizia, con particolare attenzione all'innovazione tecnologica. Su questi temi è coordinatore e membro di ricerche nazionali e internazionali ed è autrice di oltre 250 pubblicazioni nazionali e internazionali (libri e capitoli di libri, articoli su riviste, atti di convegni).

Luca Macrì, è Service & UX Designer a tempo pieno presso Spark Reply e si occupa da oltre quattro anni di Design e Innovazione di sistema per la Sostenibilità, essendo stato *Research Fellow* e Manager Operativo all'interno di LeNSlab Polimi, presso il Dipartimento di Design del Politecnico di Milano. Ha seguito parte della gestione di *LeNSin*, progetto di ricerca internazionale e multi-partner finanziato dal Programma Erasmus+ dell'Unione Europea. Per il Politecnico di Milano, ha gestito operativamente *GIOTTO – L'economia circolare per la competitività dell'industria Made in Italy*, progetto di ricerca finanziato dal Ministero dell'Istruzione e dell'Università (MIUR). Per quanto riguarda la progettazione a finanziamento privato, ha gestito autonomamente l'area di design all'interno di *Re-NetTa – Remanufacturing Networks for Tertiary Architectures*, una ricerca multidisciplinare e multi-stakeholder supportata da Fondazione Cariplo. Negli ultimi anni ha contribuito costantemente in pubblicazioni riguardanti il System Design for Sustainability, e dal 2021 è docente presso il Milano Fashion Institute.

Carol Monticelli, architetto e PhD, è professore associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC). Ha preso parte a numerosi progetti di ricerca su scala nazionale e internazionale, focalizzando il suo interesse nell'innovazione tecnologica dei processi e dei materiali e nella valutazione degli impatti ambientali dei sistemi e dei materiali edili nelle varie fasi del processo edilizio tramite Life Cycle Assessment. Dal 2015 svolge attività di ricerca con il gruppo Textile Architecture Network (TAN) in relazione alle attività del laboratorio interdipartimentale TEXTILES Hub, dove è responsabile della qualità del banco prova meccanico biassiale per membrane tessili in architettura e si focalizza sull'applicazione di test a materiali ultra-leggeri nel settore edile. Dal 2016 è coordinatrice del WG Sustainability & Comfort della rete europea Tensinet. È autrice di oltre 120 pubblicazioni, con menzioni e riconoscimenti, e co-inventore di un brevetto europeo.

Sara Ratti è dottoranda presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano. La sua ricerca riguarda la valutazione delle strategie di sostenibilità aziendale, con particolare attenzione agli aspetti ambientali e climatici. Fa parte del gruppo di ricerca IMPACT, in cui è coinvolta in diversi progetti di ricerca e consulenza in ambiti legati alla pianificazione strategica di sostenibilità alla valutazione di impatti socio-economici. Nell'ambito del progetto di ricerca Re-NetTa si è concentrata principalmente sulle relazioni di filiera e sui modelli organizzativi per pratiche circolari come il re-manufacturing.

Cinzia Talamo, architetto e PhD, è professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) del Politecnico di Milano. Dal 2019 è Membro del Senato Accademico del Politecnico di Milano ed è stata Coordinatore della Commissione Scientifica del DABC dal 2016 al 2019. Partecipa come *Principal Investigator* a ricerche su scala nazionale e internazionale riguardanti l'innovazione nel campo della gestione dell'ambiente costruito. Sviluppa la sua attività scientifica nell'ambito della disciplina della Tecnologia dell'Architettura concentrandosi sul ruolo dell'innovazione

tecnologica nella progettazione architettonica e nella gestione dell'edificio, approfondendo i seguenti temi: strategie per il miglioramento dei processi di riciclo e riutilizzo dei rifiuti; approcci intersettoriali per il riciclo, remanufacturing e riutilizzo dei rifiuti in una prospettiva di simbiosi industriale ed economia circolare; manutenzione edilizia e urbana, Facility Management; sistemi informativi per la gestione immobiliare. Su questi temi è autrice di oltre 170 pubblicazioni tra libri, saggi, atti di convegni nazionali e internazionali e articoli di riviste.

Carlo Vezzoli è professore ordinario di Design al Politecnico di Milano. Da quasi 30 anni svolge attività di ricerca e insegnamento sul design per la sostenibilità. Oggi tiene i corsi di *Design (di prodotto) per la sostenibilità ambientale* e di *System Design for Sustainability*, ed è responsabile del laboratorio di ricerca *LeN-Slab Polimi* sul *Design e l'innovazione di sistema per la sostenibilità*. Ha tenuto corsi, conferenze e *keynote speech* in tutto il mondo a congressi internazionali in Africa (Botswana, Kenya, Sudafrica e Uganda), Asia (Cina, India, Giappone e Thailandia), Americhe (Brasile, Colombia e Messico) ed Europa (Austria, Belgio, Danimarca, Estonia, Finlandia, Irlanda, Francia, Norvegia, Paesi Bassi e Regno Unito). Dal 2007 è il fondatore di LeNS – Learning Network on Sustainability – una rete mondiale multipolare di oltre 150 università di design, con l'obiettivo di diffondere il design per la sostenibilità in un'ottica *open access*. Ha scritto diversi libri in inglese, italiano, spagnolo, portoghese e cinese. È stato insignito del titolo di PhD Honoris Causa dall'Università Federale del Paraná.

Salvatore Viscuso, architetto e PhD, è ricercatore universitario in Tecnologia dell'Architettura presso il Politecnico di Milano. Nel 2016 ha conseguito il dottorato di ricerca in Tecnologie e Progetto per l'Ambiente Costruito, indagando i temi della progettazione computazionale per lo sviluppo di componenti edilizi innovativi. In qualità di BIM manager, ha collaborato con studi di architettura e general contractor per il coordinamento della modellazione di architetture complesse alle diverse scale di progetto. Attualmente lavora a programmi di ricerca per lo sviluppo di strategie di circolarità nel settore delle costruzioni. Partecipa inoltre come relatore a numerosi convegni e workshop internazionali (SITdA, IASS, Tensinet, Structural Membranes).

Alessandra Zanelli, architetto e PhD, è professore ordinario di Progettazione tecnologica e ambientale al Politecnico di Milano. Afferisce al Dipartimento di Architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (DABC) e tiene insegnamenti alla Scuola di Architettura e alla Scuola di Design. I suoi progetti di ricerca, così come i suoi corsi si focalizzano sull'innovazione sostenibile delle strutture ultra-leggere e tessili applicabili in architettura. È Rappresentante Regionale per le università del Network europeo di ricerca TensiNet. È fondatrice e coordina il Textiles HUB, il Laboratorio interdipartimentale di ricerca sui materiali e tessili e polimerici del Politecnico di Milano, che coinvolge cinque dipartimenti dell'ateneo, allo scopo di promuovere le sperimentazioni dei tessili e dei polimeri in architettura e nel design di interni, ma anche il trasferimento tecnologico da settori più avanzati quali la nautica, l'aerospazio e l'*automotive* verso il mondo delle costruzioni.

Questo libro affronta il tema dell'economia circolare nel settore delle costruzioni, focalizzando l'attenzione sulle possibilità di diffusione delle strategie di rimanufactura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione di prodotti e sistemi edilizi.

Il testo presenta molti dei risultati della ricerca "Re-NetTA (Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures). Nuovi modelli organizzativi e strumenti per la rimanufactura e il riutilizzo di componenti di breve durata provenienti dal rinnovo di edifici terziari". La ricerca è stata finanziata dalla Fondazione Cariplo per il periodo 2019-2021 e sviluppata da un gruppo multidisciplinare composto da tutti gli autori presenti in questa pubblicazione.

Il focus della ricerca è posto sugli edifici terziari, considerati in relazione a varie destinazioni. Questa perimetrazione di campo nasce in virtù di una serie di considerazioni: a) gli edifici per il terziario a livello globale sono quantitativamente in crescita; b) una serie di trasformazioni nei modelli del lavoro e nel mercato immobiliare stanno spingendo fenomeni quali il ricorso all'utilizzo temporaneo degli spazi, rapidi cicli di rinnovamento e di riconfigurazione degli ambienti interni, l'aumento di beni obsoleti e inutilizzati; c) nei processi di dismissione vi è una significativa presenza di prodotti edilizi caratterizzati sia da elevati livelli di prestazioni residue, sia dall'essere assemblati e realizzati con materie prime di alto valore.

A partire da queste premesse, il testo esamina le strategie e i modelli organizzativi più promettenti per mantenere nel tempo il valore delle risorse ambientali ed economiche integrate nei manufatti a destinazione ter-

ziaria, una volta rimossi dagli edifici, assumendo alcuni principi:

- l'integrazione delle "re-azioni", le 4R (rimanufactura, ricondizionamento, riuso e rifunzionalizzazione) come strategia di uso rigenerativo;
- l'edificio come "banca dei componenti";
- l'"obsolescenza programmata";
- nuovi mercati e modelli di business per i prodotti usati;
- dal prodotto al servizio e approcci "pay per use";
- dalla proprietà all'utilizzo;
- l'allungamento del ciclo di vita dei prodotti.

Il libro è articolato in tre parti:

- Nella prima, "Scenari", vengono introdotte alcune questioni relative all'economia circolare e alle specificità legate al settore delle costruzioni e all'edilizia per il terziario anche alla luce di innovativi approcci alla progettazione (Life Cycle Design) e ai Sistemi Prodotto-Servizio Sostenibili;

- Nella seconda, "Teorie e pratiche", vengono riportati alcuni dei più interessanti esiti emersi dalla ricerca Re-NetTA e proposti i modelli organizzativi per le pratiche di riuso e rimanufactura ritenuti come i più promettenti anche alla luce di una serie di indagini per interlocutori privilegiati.

- Nella terza, "Sperimentazioni", vengono presentati due progetti pilota: il primo riguarda l'applicazione di principi di Design for remanufacturing a prodotti edilizi per spazi espositivi; il secondo è relativo al coinvolgimento del terzo settore nella sperimentazione di modalità organizzative innovative per lo sviluppo di nuovi mercati nei quali offrire prodotti rimanufacturati attraverso l'attivazione di reti di artigiani.



FrancoAngeli

La passione per le conoscenze