POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Unveiling the complexity of circular transition for the upholstered furniture sector

Original
Unveiling the complexity of circular transition for the upholstered furniture sector / Maffei, S., Bolzan, P., Bianchini, M., Zeccara, F., Barbero, S., Campagnaro, C., DI PRIMA, N., Filippini, A., Puglielli, M., Rosato, L., Lotti, G., Pontillo, G.. - In: AGATHÓN. - ISSN 2464-9309. - STAMPA. - 16:(2024), pp. 304-313. [10.19229/2464-9309/16252024]

Availability:
This version is available at: 11583/2996297 since: 2025-01-07T11:12:40Z

Publisher:
Lettera Ventidue

Published
DOI:10.19229/2464-9309/16252024

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

26 November 2026

DESIGN
Essays & Viewpoint

Article Info

Received 13 September 2024
Revised 16 October 2024
Accepted 18 October 2024
Published 30 December 2024

AGATHÓN – International Journal of Architecture, Art and Design | n. 16 | 2024 | pp. 304-313
ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X | doi.org/10.19229/2464-9309/16252024

SVELARE LA COMPLESSITÀ DELLA TRANSIZIONE CIRCOLARE PER IL SETTORE DEL MOBILE IMBOTTITO

UNVEILING THE COMPLEXITY OF CIRCULAR TRANSITION FOR THE UPHOLSTERED FURNITURE SECTOR

S. Maffei, P. Bolzan, M. Bianchini, F. Zeccara, S. Barbero, C. Campagnaro, N. Di Prima, A. Filippini, M. Puglielli, L. Rosato, G. Lotti, G. Pontillo

Abstract

Il contributo indaga le strategie che il Design può attuare per ridurre l'impatto ambientale dei mobili imbottiti, intervenendo su elementi costitutivi, scelta dei materiali e metodi di assemblaggio e dismissione. L'analisi della letteratura sul tema evidenzia la mancanza di attenzione verso la circolarità e la sostenibilità di processi e materiali, durante l'intero ciclo di vita del prodotto. Per questa ragione il contributo presenta il percorso di ricerca del progetto Circular Sofa Platform, evidenziando la necessità di definire un nuovo paradigma di piattaforma per l'imbottito, rispettandone gli elementi di complessità e rendendolo rispondente ai requisiti di circolarità e sostenibilità, parte integrante dello scenario di sviluppo sostenibile per la filiera produttiva contemporanea.

This paper investigates the strategies that Design can implement to reduce the environmental impact of upholstered furniture by addressing its constituent elements, material choices, and methods of assembly and disposal. The literature review highlights a lack of attention to the circularity and sustainability of processes and materials throughout the product's life cycle. For this reason, the paper presents the research journey of the Circular Sofa Platform project, emphasising the need to define a new platform paradigm for upholstered furniture that respects its complexity while meeting the requirements of circularity and sustainability, an integral part of a sustainable development scenario for the contemporary production chain.

Keywords

design circolare, mobili imbottiti, made in Italy, design per la sostenibilità, economia circolare

circular design, upholstered furniture, made in Italy, design for sustainability, circular economy

Stefano Maffei, Full Professor in Design, Politecnico di Milano (Italy).

Patrizia Bolzan, Researcher in Design, Politecnico di Milano (Italy).

Massimo Bianchini, Associate Professor in Design, Politecnico di Milano (Italy).

Francesca Zeccara, Research Fellow in Design, Politecnico di Milano (Italy).

Silvia Barbero, Associate Professor in Design, Politecnico di Torino (Italy).

Cristian Campagnaro, Full Professor in Design, Politecnico di Torino (Italy).

Nicolò Di Prima, Research Fellow in Design, Politecnico di Torino (Italy).

Ali Filippini, Researcher in Design, Politecnico di Torino (Italy).

Mariapaola Puglielli, PhD Candidate in Design and Technology, Politecnico di Torino (Italy).

Ludovica Rosato, Research Fellow in Design, University of Bologna (Italy).

Giuseppe Lotti, Full Professor in Design, University of Florence (Italy).

Gabriele Pontillo, Research Fellow in Design, University of Florence (Italy).

L'articolo esplora le strategie che il Design può adottare per ridurre l'impatto ambientale dei mobili imbottiti intervenendo sulle strategie di progettazione dei vari elementi costitutivi, sulla scelta dei materiali utilizzati e sui metodi di assemblaggio e smontaggio. La ricerca fa parte di un progetto finanziato, attualmente in corso, Circular Sofa Platform (CSP), e si inserisce nella complessa filiera contemporanea del mobile imbottito, settore di notevole importanza all'interno dell'economia italiana dal punto di vista economico e del Design (Bruno alii, 2022), ma in cui l'attenzione alla circolarità e alla sostenibilità è meno consolidata.

Dopo una descrizione del sistema complesso della filiera, l'articolo presenta la metodologia di ricerca adottata ed evidenzia gli approcci progettuali che possono favorire un cambiamento comportamentale guidato dal Design nell'ideazione, produzione, uso e gestione del fine vita degli imbottiti. In seguito sono presentate le direzioni progettuali all'interno della CSP che mirano a costruire un nuovo paradigma di piattaforma per il settore che risponda ai requisiti di sviluppo sostenibile.

Il paper si inserisce all'interno del dibattito sulle pratiche progettuali adatte a una transizione sostenibile e circolare delle filiere: attraverso l'analisi e la messa a sistema di casi studio reali il contributo propone possibili strategie di innovazione dei materiali, dei componenti, dei servizi e dei processi produttivi all'interno dell'intera filiera del mobile imbottito, per favorire il recupero e l'uso più consapevole delle risorse. Riflettendo sulle varie criticità generate dalla complessità del prodotto e della relativa filiera, l'articolo offre proposte progettuali plurali e puntuali in ottica sistemica, per agire in un ambito problematico bisognoso di intervento.

La filiera del divano non è ancora circolare | L'industria del mobile è un settore strategico per l'economia italiana, con un valore di 17,5 miliardi di euro nel 2017 e una posizione di rilievo nel commercio globale (EEB, 2017), che continua a raccogliere consensi a livello internazionale (Turrini and Sbordone, 2020); al suo interno i prodotti imbottiti rivestono un ruolo centrale pur essendo evidenti delle problematiche legate al loro smaltimento al termine del ciclo di vita. Ad oggi infatti la filiera degli imbottiti pone diverse criticità ambientali dettate dalle due caratteristiche che accomunano tali prodotti, ovvero la multimaterialità intrinseca e gli ingombri e i pesi elevati (Cerulo et alii, 2022). Pertanto la filiera necessita di una transizione verso un modello sostenibile e circolare (Zannoni et alii, 2024) attraverso un approccio sistemico che intervenga in tutte le fasi del processo: dalla progettazione alla scelta dei materiali, fino al consumo, riuso e gestione delle infrastrutture di smaltimento e recupero.

A tal proposito una delle fasi più critiche del ciclo di vita del divano è proprio la gestione del suo fine vita (Fig. 1), seguita dalla fase di estrazione e lavorazione delle materie prime (Mermertas et alii, 2018); il fenomeno è attribuibile a due principali fattori, il primo dei quali riguarda il sistema di smaltimento, che classifica i rifiuti in macrocategorie, impedendo una dettagliata disaggregazione dei dati (Crippa et alii, 2022): il Codice Europeo dei Rifiuti (CER; European Commission, 2008) colloca i divani tra i rifiuti ingombranti, insieme a tavoli e letti, senza una filiera di conferimento e smaltimento dedicata; conseguentemente anche i dati aggiornati annualmente relativi alla sola dismissione degli imbottiti risultano essere di difficile reperimento. Il secondo fattore riguarda la complessità strutturale dei divani, che rende complicato o impossibile il loro disassemblaggio e la separazione dei materiali, un processo oneroso sia per privati che operatori del settore, per mancanza di competenze o incentivi economici. Ciò porta spesso alla completa dismissione dei divani, senza tentativi di recupero (Fig. 2).

A livello europeo si stima che circa l'80-90% dei mobili finisca in discarica o negli inceneritori (EEB, 2017): nel 2021 la quantità di rifiuti ingombranti avviati allo smaltimento in Italia è stata pari a 957.922 tonnellate, con solo 118.142 tonnellate destinate al riciclo (ISPRA, 2022). La raccolta di questi rifiuti, inclusi i divani, avviene principalmente attraverso il conferimento diretto presso le isole ecologiche, adottato dal 50,3% della popolazione (ISTAT, 2022), e la raccolta a domicilio su richiesta, gestita gratuitamente dalle aziende municipalizzate.

Come accennato, un aspetto particolarmente problematico riguarda la limitata possibilità di recupero dei materiali: un'indagine di campo, svolta nel contesto del progetto CSP sui centri di raccolta rifiuti di quattro capoluoghi italiani, mostra come solo i componenti metallici dei divani letto (40% del peso totale) vengano regolarmente recuperati (Fig. 3), mentre il restante 60% dei materiali, costituito principalmente da legno (33,7%), schiuma poliuretanica (14%) e tessuti (9%), non va a riciclo. Questo tasso di recupero riguarda solo i divani letto, che costituiscono solo il 20% dei divani smaltiti. Considerando il volume, la situazione è più critica poiché le parti in schiuma poliuretanica dominano l'ingombro degli arredi imbottiti; nei divani tradizionali nessun materiale viene recuperato, eccetto occasionalmente i metalli.

Questo scenario rappresenta una sfida significativa nella gestione dei rifiuti verso forme di riciclo, recupero e riutilizzo a discariche, termovalorizzatori o inceneritori. Nonostante l'evidenza di un problema sistemico, non esistono norme specifiche a livello europeo o italiano per il fine vita dei mobili imbottiti. Questo vuoto normativo potrebbe derivare dall'incapacità dei codici CER di classificare adeguatamente i divani (European Commission, 2002). La categoria generica dei 'rifiuti ingombranti' (CER 20 03 07) ostacola sia la promulgazione di normative mirate che il monitoraggio del ciclo di vita dei divani, rendendo difficile il riciclo o riuso.

È da sottolineare che le normative europee in tema di rifiuti – nello specifico la Direttiva 2008/98/EC (European Commission, 2008) e la Direttiva 2018/851/EU (European Commission, 2018) – introducono il modello dell'economia circolare come approccio utile a promuovere strategie di riduzione e gestione dei rifiuti, anche attraverso recenti direttive specifiche e leggi che regolano e incentivano la produzione sostenibile, il riutilizzo dei materiali e la circolarità dei prodotti (UNI/TS 11820:2022; UNI EN 17902:2024;). In particolare il recente Regolamento del 18 luglio 2024 su Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR; European Commission, 2024) mira a migliorare significativamente la circolarità, le prestazioni energetiche e altri aspetti di sostenibilità ambientale dei prodotti immessi sul mercato dell'Unione Europea.

Pur con i suoi limiti e con gli ostacoli che troverà, il Regolamento rappresenta un segnale forte: la sua promulgazione mette l'acceleratore sull'adozione di strategie di sostenibilità e circolarità, riconoscendo il ruolo cruciale della disciplina del Design nel muovere un passo significativo verso una migliore protezione del nostro Pianeta, la promozione di modelli aziendali più sostenibili e il rafforzamento della competitività generale e della resilienza dell'economia della Comunità Europea.

Ri-progettare la sostenibilità del divano: metodologia | Quanto precedentemente esposto fa emergere come i prodotti imbottiti risultino particolarmente critici dal punto di vista del consumo e recupero delle risorse e quanto sia urgente apportare una transizione sostenibile in questo settore. Per comprendere come si possa ripensare e riprogettare il prodotto imbottito e la sua filiera in risposta ai bisogni di circolarità ambientale, sociale ed economica che le politiche di sviluppo oggi richiedono, è necessario perimetrare il tema della circolarità e capire come possa dialogare con la nostra tipologia di prodotti.

L'attuale economia industriale contribuisce a schemi di produzione insostenibili e a cicli di vita troppo brevi dei prodotti (EMF, 2013). La transizione verso un sistema rigenerativo, come quello dell'Economia Circolare, mira a ottimizzare l'uso delle risorse, ridurre i rifiuti e promuovere il riutilizzo e riciclo dei materiali (Stahel, 2013). L'Economia Circolare si basa sui principi delle '6R', ovvero ridurre, riutilizzare, riciclare, recuperare, ridisegnare e rigenerare (Yang et alii, 2017; Jawahir and Bradley, 2016) e allora come integrare questi principi di Economia Circolare nel contesto progettuale e produttivo del mobile imbottito (Figg. 4-6), per superare le criticità che affliggono la sua filiera?

Il Design, disciplina olistica in grado di affrontare, gestire e proporre soluzioni a problemi complessi, può essere la leva per la transizione sostenibile degli imbottiti, attivando strategie sostenibili ed enfatizzando il riutilizzo delle risorse per creare sistemi industriali rigenerativi e restaurativi (EMF, 2013). Questa transizione, fondata sui principi del Design for Sustainability (Ceschin and Gaziulusoy, 2016), supporta la Economia Circolare attraverso approcci innovativi alla gestione delle risorse. Il Design Circolare supera il modello lineare tradizionale, adottando un pensiero sistemico che consente di affrontare la complessità sistemica (Moreno et alii, 2016). I designer possono così scegliere strategie circolari adeguate al modello di business, considerando al contempo gli aspetti socio-culturali e i processi di transizione (Joore and Brezet, 2015): questo cambiamento richiede una trasformazione del mindset, da un approccio orientato al prodotto a uno più sistemico, orientato alla complessità (Bocken et alii, 2014).

Per esplorare come le strategie di Economia Circolare possono essere promosse dal Design Circolare, il progetto ha seguito una metodologia che combina studi quantitativi e qualitativi del settore degli imbottiti, con focus particolare sull'Italia, poiché le informazioni sono spesso aggregate a quelle dell'intero settore del mobile, che ha caratteristiche diverse.

Dalla revisione della letteratura è emersa una collezione di principi di Design Circolare in grado di favorire l'attuazione dell'Economia Circolare che sottolinea quanto sia essenziale anticipare e rispondere in modo preventivo alle problematiche legate all'Economia Circolare durante la fase di ideazione di un artefatto: intervenire già nella fase di progettazione è cruciale poiché dopo aver definito le specifiche di un prodotto è generalmente possibile apportare solo migliorie minime, non così significative per un cam-

bio radicale di paradigma di produzione e consumo. Modificare le scelte riguardanti soluzioni formali, materiali, processi e infrastrutture rappresenta infatti un intervento sistemico che non può essere affrontato in modo lineare e incrementale (Bocken et alii, 2014).

Gli autori, dopo aver esaminato la letteratura, hanno individuato dieci approcci di Design Circolare pertinenti per promuovere lo sviluppo di artefatti allineati ai principi della Economia Circolare, tra cui spiccano: Design for Product Life Extension (Stahel, 2013), Modular Design (Inoue et alii, 2020; Pietroni, Di Stefano and Galloppo, 2023), Design for Reparability (Cordella, Alfieri and Sanfelix Forner, 2019), Design for Disassembly (De Fazio et alii, 2021), Design for Upcycling (Ahn and Lee, 2018), Design for Material Efficiency (Allwood et alii, 2013; Lifset and Ecklman, 2013), Design for Productive Resource Efficiency (Nyamekye et alii, 2024), Open / Collaborative Design (Menichinelli and Cangiano, 2021), Emotional Design (Desmet and Hekkert, 2009; Lobos and Babbitt, 2013) e Product Service System Design (McAloone and Andreasen, 2004; Vezzoli, Garcia Parra and Kohtala, 2021). Tali approcci di Design Circolare, in relazione con i principi cardine della Economia Circolare, hanno guidato le osservazioni alla base del progetto.

Sulla base di queste è stata effettuata una schedatura di 40 casi studio sulla circolarità del prodotto divano contemporaneo, successivamente analizzati attraverso il filtro degli approcci di Design Circolare (Fig. 7). Per ciascun caso selezionato è stata compilata una scheda informativa contenente dati descrittivi (nome del prodotto, designer, azienda produttrice, Paese, anno di produzione, tipo di prodotto e livello di maturità – prototipo o prodotto in commercio), accompagnati da una breve descrizione con foto e riferimenti online, oltre a un focus sui materiali utilizzati e sugli elementi distintivi.

Questa analisi è stata successivamente messa in relazione con gli aspetti legati alla produzione, al modello di vendita e di post consumo, alle certificazioni ambientali, ai principi dell'economia circolare (le sei R) e al modello aziendale specifico, ovvero Circular Inputs, Life Extension, Product as a Service, Sharing Platforms oppure End of Life (Symbola, 2021). Le informazioni raccolte sono state organizzate in un foglio Excel con sezioni condizionalmente formattate per standardizzare la raccolta dei dati e consentire un confronto sistematico.

La comparazione dei casi e la loro rilettura rispetto ai principi del Design Circolare hanno permesso di evidenziare la ridotta presenza o totale assenza di soluzioni di servizio per il sistema prodotto-divano e l'attuazione di modelli aziendali circolari legati alla creazione di piattaforme di condivisione, gap questo che risulta importante in quanto, in termini di Economia Circolare, progettare l'intero sistema prodotto-servizio rappresenta un valore aggiunto. Il fatto che ad oggi nel settore dell'imbottito tale approccio non venga valorizzato risulta essere una prospettiva progettuale determinante: le strategie di recupero di materiali e rifabbricazione sono scarsamente affrontate, così come emergono lacune profonde in riferimento alla progettazione aperta e collaborativa.

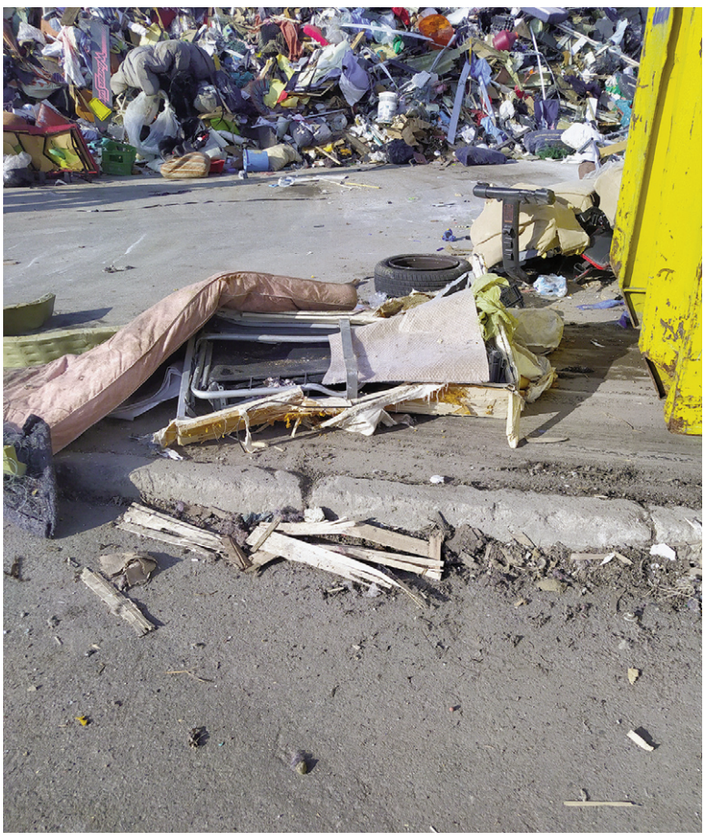
Per contro, altri approcci di Design Circolare sono maggiormente ricorrenti e tra questi Design for Product Life Extension, Modular Design, Design for Disassembly e Design for Repairability. Inoltre è interessante notare la presenza di prodotti storici che dagli anni Settanta vengono riproposti dalle aziende perché già in nuce soddisfacevano alcuni requisiti di modularità e disassemblaggio, oggi potenziati con nuovi materiali (Bruno et alii, 2022) o processi produttivi.

L'approccio adottato si è rivelato efficace nel consolidare un corpus di esempi rilevanti di pratiche circolari nel settore del mobile imbottito contemporaneo. La sistematizzazione strutturata dei dati ha consentito di confrontare i diversi casi e di individuare tendenze emergenti nella transizione verso l'Economia Circolare, tuttavia la mancanza di alcune informazioni chiave, unita alla scarsa disponibilità delle aziende a partecipare a interviste approfondite, ha limitato l'analisi qualitativa, riducendone la completezza.

Alla raccolta e analisi di casi studio è stata affiancata una raccolta di materiali circolari del settore dell'imbottito (Circular Sofa Platform Material Library), con l'obiettivo di raccogliere materiali che attualmente sono o potrebbero rappresentare validi sostituti per le materie prime considerate critiche nel settore (Fig. 8). Questa raccolta si propone come strumento progettuale per catalogare materiali già utilizzati in altri ambiti che possono essere potenzialmente impiegati inter-settorialmente. Al momento la libreria contiene 32 materiali ognuno dei quali è descrivibile come circolare, 'neomateriali' perché 'rinnovati e rinnovabili' o costituiti di «[…] materia 'rientrata' nel ciclo produttivo, sia essa proveniente da filiera omogenea o diversa» (Pellizzari and Genovesi, 2021, p. 20).

Grazie alle conoscenze e competenze acquisite attraverso l'attuazione della metodologia di ricerca presentata e la creazione dei primi output descritti





Figg. 1, 2 | Sofa destined for disposal; Disassembled sofa bed with mechanical arm for metal component recovery (credits: the Authors, 2024).

si è raggiunta la consapevolezza che, per poter intervenire in un sistema prodotto complesso come quello dell'imbottito, è necessario suddividerlo nelle sue componenti funzionali di tipo morfologico (Bonsiepe and Bertoldini, 1975). Il sistema divano, dunque, viene reinterpretato attraverso gli approcci di Design Circolare applicati ai suoi elementi primari compositivi (imbottitura, fusto, rivestimento e sistema connettivo), per mezzo di una sperimentazione suddivisa in quattro differenti Proof of Concept (PoC) tra loro sinergici.

Progettare per componenti: sperimentare nuove soluzioni progettuali | L'obiettivo della sperimentazione è realizzare un progetto piattaforma di nuova tipologia di mobile imbottito (divano) in grado di abbracciare i principi di sostenibilità ambientale, sociale ed economica, quindi di circolarità sistemica. Ogni elemento primario del divano ha obiettivi specifici per favorire soluzioni a basso impatto ma funzionali per utenti e produttori, nel rispetto dei vincoli tecnici. Il progetto include quattro PoC: 1) imbottitura; 2) struttura; 3) rivestimento; 4) soluzioni connettive. A seguire vengono dettagliati e approfonditi gli obiettivi dei singoli PoC.

Tra le principali criticità della filiera produttiva dell'arredo imbottito l'elemento dell'imbottitura è particolarmente complesso da gestire a fine vita, essendo costituito prevalentemente da poliuretano espanso, scelto per i suoi bassi costi produttivi (EUROPUR, 2015) e la composizione chimica (Usman, Adeosun and Osifeso, 2011), ma caratterizzato da una limitata filiera di riciclo o riutilizzo. Il progetto prevede la sostituzione del poliuretano espanso mantenendo le funzioni di sostegno e comfort del materiale dati dal suo comportamento elastico (Rampf et alii, 2012), attraverso una trasposizione delle proprietà materiche in proprietà geometriche, riprogettando il componente secondo l'approccio Modular Design.

La progettazione è caratterizzata da moduli cavi la cui geometria auxetica è capace di riprodurre il comportamento a compressione e decompressione proprio delle schiume poliuretaniche (Figg. 9-11): questa tipologia di geometria ha infatti un'espansione perpendicolare quando sottoposta a trazione in una direzione, e una compressione perpendicolare quando sottoposta a un carico (Evans and Alderson, 2000). Dall'analisi delle diverse tipologie di geometrie auxetiche sono state selezionate quelle allineate ai vincoli progettuali definiti, inclusa una compressione verso il baricentro senza variazione dimensionale. I materiali scelti per la realizzazione dei moduli fanno riferimento ai polimeri termoplastici, che offrono adeguate prestazioni meccaniche e dispongono di una filiera di riciclo consolidata (Plastics Europe, 2024; Circular Economy Network, 2024; ISPRA, 2024).

In riferimento alla struttura le possibili soluzioni devono rispondere all'allungamento del ciclo di vita del prodotto per l'adattabilità, la riconfigurabilità, la manutenzione e la riparazione dei vari componenti, la trasportabilità e la sostenibilità delle risorse materiche. Risulta fondamentale applicare il principio della disassemblabilità unito alla riduzione massima dell'ingombro quando il divano è smontato e all'ottimizzazione dei materiali per rendere la struttura più leggera, facilitandone il trasporto, in tutte le fasi del ciclo di vita, quindi non solo al momento della consegna post vendita. La sua riprogettazione deve facilitarne la separazione dal rivestimento, al contrario di quanto avviene negli attuali prodotti di media gamma (Fig. 12), mirando a mantenere a vista sia il fusto che gli elementi di sostegno e molleggio delle imbottiture, spesso integrati.

Infine, per agevolare la riconfigurabilità del prodotto, è utile sviluppare elementi modulari che svolgano le diverse funzioni del sistema divano ovvero sedute, braccioli, schienali e poggiapiedi. Nell'ottica della modularità e della disassemblabilità è necessario ipotizzare modalità di connessione / assemblaggio tra gli elementi che favoriscano l'uso di giunti standardizzati e reversibili, approcci che sarebbero ulteriormente valorizzati dall'uso di materiali facilmente inseribili in una filiera di recupero ben strutturata come quella dei materiali metallici, in particolare dell'acciaio.

In merito al rivestimento l'attenzione è stata focalizzata sulla filiera della pelle con l'obiettivo di testare e validare l'impiego della concia vegetale, definendo una soluzione circolare e sostenibile, obiettivi questi di migliorare la filiera della produzione conciaria riducendo l'impatto ambientale, garantire il comfort equivalente a quello dei rivestimenti tradizionali e assicurare una durata comparabile (UNIC, 2022).

Ad oggi i rivestimenti sono realizzati con vari materiali, ciascuno con catene di fornitura specifiche, tra cui pelle naturale ed ecopelle, quest'ultima trattata secondo normative che ne determinano un minore impatto ambientale (Black et alii, 2013). Tuttavia il settore conciario necessita di ulteriori miglioramenti in termini di sostenibilità e circolarità che devono prevedere il coinvolgimento di diverse realtà del territorio. Lo scopo della sperimentazione legata



Fig. 3 | Bulky end-of-life waste (credit: the Authors, 2024).

al rivestimento in pelle è dunque approfondire l'utilizzo della concia vegetale, nel tentativo di strutturare una filiera rispondente ai criteri di circolarità e sostenibilità, anche attraverso la valorizzazione degli scarti provenienti da altri settori. In parallelo anche la produzione di pelle da scarti vegetali può essere una valida soluzione da implementare, per creare alternative sostenibili alle filiere tradizionali, indagando la scalabilità del processo, la durabilità del materiale e l'accettazione da parte del mercato.

Infine l'indagine degli elementi connettivi dei rivestimenti tra tessuto e fusto mira a individuare nuove soluzioni che possano permettere di progettare componenti monomateriali in grado di ridurre l'impatto ambientale in termini di produzione e riciclo, anche disassemblabili per favorire sostituzione, riparazione, dismissione.

Il rivestimento pone ancora delle criticità rispetto sia ai materiali utilizzati – spesso costituiti di poliesteri non riciclabili, intrecciati con altri materiali in modo non reversibile – sia all'assemblaggio, in quanto spesso cuciti in modo non reversibile all'imbottitura e connessi con chiodi e colle al fusto rendendoli non lavabili, non riparabili e non disassemblabili a fine vita, oppure attraverso i fastener, elementi ritrovabili in diversi settori merceologici, che permettono l'assemblaggio delle varie parti di un prodotto. La sperimentazione si sofferma su nuove soluzioni di connessioni tra il rivestimento e il fusto al fine di permettere l'allungamento della sua vita d'uso e garantire un processo produttivo in linea con quello dell'imbottito, favorendone il flusso di lavoro e migliorandolo in fase di assemblaggio.

Le varie innovazioni di progetto e di processo relative ai quattro elementi (imbottitura, struttura, rivestimento e connessioni) costituenti il prodotto imbottito possono lavorare in modo sinergico e integrato nella realizzazione di un PoC per rispondere meglio ai principi del Design Circolare. Inoltre tutte le scelte progettuali devono essere guidate dall'effettiva possibilità di utilizzare materiali e processi di lavorazione a basso impatto e già diffusi nel territorio (es. estrusione di termoplastici, taglio e saldatura di tubolari metallici, taglio della pelle, ecc.), prediligendo soluzioni con la scalabilità della produzione che può aprire nuove opportunità di mercato per le piccole e medie imprese senza richiedere ingenti investimenti infrastrutturali.

Conclusioni | Il divano è un oggetto complesso la cui trasformazione nel corso del tempo riflette anche i più ampi cambiamenti della società: da simbolo di status e formalità si è evoluto in elemento più inclusivo e multifunzionale negli spazi abitativi contemporanei, cambiamento che può essere attribuito a fattori quali i progressi nelle tecniche di produzione, i cambiamenti nello stile di vita e nelle dinamiche sociali e una maggiore attenzione al comfort e alla praticità.

La sfida è agire non solo sulla consapevolezza dei produttori, affinché abbraccino e integrino gradualmente le soluzioni alle problematiche del prodotto in termini di sostenibilità, ma anche sulla sensibilizzazione degli utenti. Questi ultimi infatti sono una parte determinante per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile della filiera dell'imbottito, perché coi loro comportamenti e scelte possono favorire la messa a sistema delle proposte progettuali. L'intera strategia di sviluppo del progetto verte dunque sullo spacchettamento della complessità del prodotto finito in elementi comprensibili, su cui può essere costruita sia la sensibilizzazione puntuale degli attori della filiera dell'imbottito sia la comunicazione destinata agli utilizzatori, quali utenti informati.

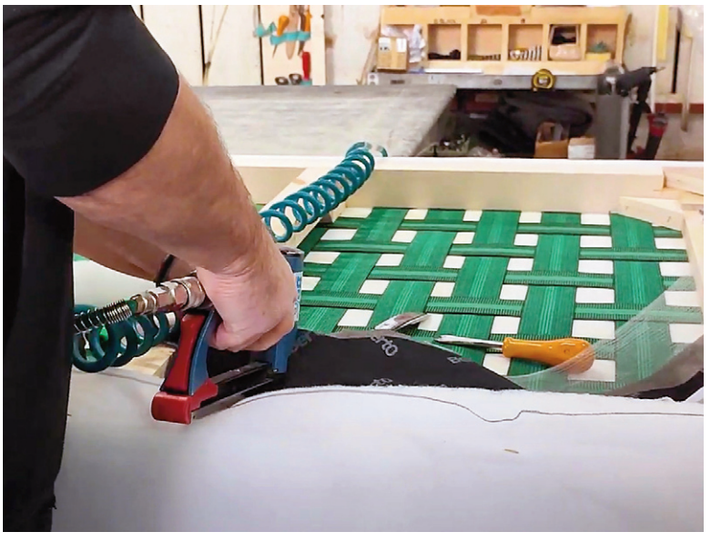
Intervenire già nella fase di progettazione è cruciale, poiché, una volta definite le specifiche di un prodotto, è generalmente possibile apportare solo minime migliorie, non così significative per un cambio radicale di paradigma. Modificare le scelte riguardanti soluzioni formali, materiali, processi e in-



Fig. 4 | Upholstery production space (credit: the Authors, 2024).

Fig. 5 | Couch belting in the production stage (credit: the Authors, 2024).

Fig. 6 | Example of multi-materiality of the sofa (credit: the Authors, 2024).





frastrutture coinvolte rappresenta un intervento sistemico che non può essere affrontato in modo lineare. Il progetto, a partire dalla suddivisione di un sistema articolato nei suoi elementi costituenti, mira al re-impacchettamento della sua complessità per favorire una possibile adozione graduale delle migliorie da prevedere già nella fase di concepimento del prodotto.

Il progetto CSP promuove l'adozione di approcci di Design Circolare in modo strutturato e consapevole affinché possa effettivamente portare a una transizione sostenibile nella creazione di prodotti; a tale fine si avvale delle possibilità offerte dalla realizzazione di modelli di studio e prototipi di funzionamento, anche attraverso l'uso della fabbricazione digitale, che consente di simulare e testare in un ridotto arco di tempo soluzioni poi scalabili in ambito industriale.

L'approccio presentato nel contributo permette di generare ricadute positive su più livelli, dalla riduzione dell'impatto ambientale alla ridefinizione di produttivi e di relazioni tra i diversi attori della filiera maggiormente circolari, aprendo nuove prospettive, non solo per una progettazione più sostenibile di imbottiti, ma anche per la creazione di un nuovo modello di produzione che potrebbe ridisegnare l'intero settore del mobile imbottito. In tal senso la disciplina del Design può giocare un ruolo fondamentale nel mettere a punto nuove strategie per affrontare la complessità di innovazioni sistemiche.

The article explores the strategies that Design can adopt to reduce the environmental impact of upholstered furniture by focusing on the design strategies of various constituent elements, the choice of materials used, and the methods of assembly and disassembly. The research is part of an ongoing funded project, Circular Sofa Platform (CSP), and fits within the complex contemporary supply chain of upholstered furniture, a sector of significance to the Italian economy from both economic and design perspectives (Bruno et alii, 2022), but one where attention to circularity and sustainability is less established.

After describing the complex supply chain system, this article presents the research methodology adopted. It highlights the Design Approaches that can encourage behavioural change driven by Design in the conception, production, use, and end-of-life management of upholstered furniture. Subsequently, this article presents the design directions within the CSP that aim to build a new platform paradigm for the sector that meets the requirements of sustainable development.

The article contributes to the ongoing debate on design practices suitable for a sustainable and circular transition of supply chains. Through analysing and systematising product case studies, the article proposes possible strategies for innovation in materials, components, services, and production processes across the entire upholstered furniture supply chain, promoting resource recovery and more conscious use. By reflecting on the various challenges generated by the complexity of the product and its related supply chain, the article offers multiple precise design proposals from a systemic perspective to address an area in need of intervention.

The upholstered furniture supply chain is still not circular | The furniture industry is a strategic sector for the Italian economy, with a value of 17.5 billion euros in 2017 and a prominent position in global trade (EEB, 2017), continuing to garner international recognition (Turrini and Sbordone, 2020). Upholstered products play a central role within this sector, though there are evident challenges related to their disposal at the end of their life cycle. To date, the upholstered furniture supply chain presents several environmental issues stemming from two common characteristics of these products: their intrinsic multi-material composition and their large size and weight (Cerulo et alii, 2022). Therefore, the supply chain requires a transition toward a sustainable and circular model (Zannoni et alii, 2024) through a systemic approach that addresses all stages of the process, from design and material selection through to consumption, reuse, and the management of disposal and recovery infrastructures.

In this regard, one of the most critical stages in the sofa's life cycle is the management of its end-of-life (Fig. 1), followed by the extraction and processing of raw materials (Mermertas et alii, 2018). We can attribute this issue to two main factors. The first concerns the waste management system, which classifies waste into broad categories, preventing a detailed disaggregation of data (Crippa et alii, 2022). The European Waste Code (EWC; European Commission, 2008) places sofas in the category of bulky waste, alongside tables and beds, without a dedicated collection and disposal supply chain. Consequently, even the annually updated data on the disposal of upholstered furniture alone is challenging to obtain. The second factor relates to the structural complexity of sofas, making their disassembly and material separation challenging or impossible. This process is costly for private individuals and industry operators due to a lack of expertise or financial incentives, often leading to the complete disposal of sofas without any attempts at recovery (Fig. 2).

At the European level, between 80% and 90% of furniture is estimated to end up in landfills or incinerators (EEB, 2017). In 2021, the amount of bulky waste sent for disposal in Italy amounted to 957,922 metric tons, with only 118,142 metric tons destined for recycling (ISPRA, 2022). The collection of this waste, including sofas, is mainly carried out through direct drop-offs at recycling centres, used by 50.3% of the population (ISTAT, 2022), and home collection upon request, managed free of charge by municipal companies.

As mentioned, a particularly problematic aspect is the limited possibility for material recovery. A field survey conducted as part of the CSP project at waste collection centres in four Italian cities showed that only the metal components of sofa beds (40% of the total weight) were regularly recovered (Fig. 3). In contrast, the remaining 60% of materials – primarily composed of wood (33.7%), polyurethane foam (14%), and fabric (9%) – were not recycled. This recovery rate applies only to sofa beds, constituting only 20% of disposed sofas. For traditional sofas, no materials are recovered except for metal on rare occasions. Considering these volumes, the situation is even more critical, as polyurethane foam parts dominate the bulk of upholstered furniture.

This scenario highlights a significant challenge in waste management, which should encourage recycling, recovery, and reuse over landfilling, waste-to-energy plants, or incinerators. Despite the evident systemic issue, there are no specific European or Italian regulations for the end-of-life management of upholstered furniture. This regulatory gap may stem from the European Waste Code's (EWC) inability to classify sofas adequately (European Commission, 2002). The generic category of 'bulky waste' (EWC 20 03 07) hinders the introduction of targeted regulations for and monitoring of the life cycle of sofas, making recycling or reuse difficult.

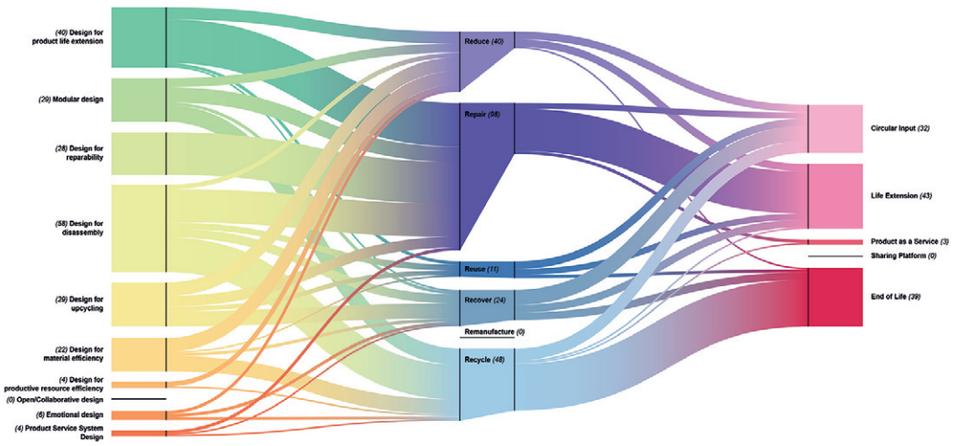
However, it is worth noting that European waste regulations – specifically Directive 2008/98/EC (European Commission, 2008) and Directive 2018/851/EU (European Commission, 2018) – introduce the circular economy model as a valuable approach to promote waste reduction and management strategies. This is further reinforced by recent specific directives and laws that regulate and incentivise sustainable production, material reuse, and product circularity (UNI/TS 11820:2022; UNI EN 17902:2024). In particular, the recent Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) of July 18, 2024 (European Commission, 2024) aims to significantly improve the circularity, energy performance, and other environmental sustainability aspects of products placed on the European Union market.

Despite its limitations and potential challenges, the Regulation sends a strong signal; its enactment accelerates the adoption of sustainability and circularity strategies, recognising the crucial role of Design in taking a significant step towards better protection of our planet, promoting more sustainable business models, and enhancing the overall competitiveness and resilience of the European Union's economy.

Re-designing upholstered furniture for sustainability: methodology | The above discussion highlights how upholstered products are particularly critical in terms of resource consumption and recovery and how urgent it is to bring about a sustainable transition in this sector. To understand how upholstered furniture and its supply chain can be rethought and redesigned in response to current global economic development policies' environmental, social, and economic circularity needs, it is necessary to define the scope of circularity and how it can interact with this product category.

The industrial economy contributes to unsustainable production patterns and overly short product life cycles (EMF, 2013). The transition towards a regenerative system, like that of the Circular Economy, aims to optimise resource use, reduce waste, and promote the reuse and recycling of materials (Stahel, 2013). The Circular Economy is based on the principles of the '6Rs': reduce, reuse, recycle, recover, redesign, and regenerate (Yang et alii, 2017; Jawahir and Bradley, 2016). How can these Circular Economy principles be integrated into the design and production context of upholstered furniture (Figg. 4-6) to overcome the challenges facing its supply chain?

Design can drive the sustainable transition of upholstered furniture as a holistic discipline capable of finding, addressing, and proposing solutions to complex problems. It can activate sustainable strategies and emphasise resource reuse to create regenerative and restorative industrial systems (EMF, 2013). This transition, based on the principles of Design for Sustainability (Ceschin and Gaziulusoy, 2016), supports the Circular Economy through innovative approaches to resource management. Circular Design goes beyond the traditional linear model by adopting a system thinking approach to address this com-



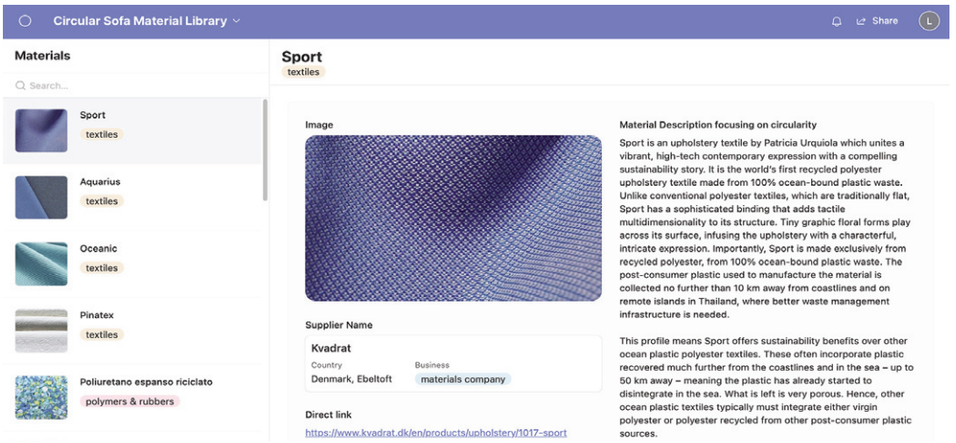


Fig. 7 | Circular Design Approach in relation to Circular Economy Principle and Business Model (credit: the Authors, 2024).
Fig. 8 | Circular Sofa Material Library: a collection of circular materials from the upholstery industry (credit: the Authors, 2024)

plexity (Moreno et alii, 2016). Designers can thus choose circular strategies suitable for the business model while also considering socio-cultural aspects and transition processes (Joore and Brezet, 2015). This shift requires a mindset transformation from a product-oriented approach to a more systemic one focused on complexity (Bocken et alii, 2014).

As the information is often aggregated with that of the entire furniture sector, which has different characteristics, the CSP project followed a methodology combining quantitative and qualitative studies of the upholstered furniture sector, focusing on Italy. This is to explore how Circular Design can promote Circular Economy strategies.

The literature review revealed a collection of Circular Design principles capable of facilitating the implementation of the Circular Economy. The existing literature emphasises how essential it is to anticipate and proactively address issues related to the Circular Economy during the design phase of an artefact. Intervening early in the design phase is crucial because, once a product's specifications are defined, it is generally only possible to make minimal improvements, which are insufficient to drive radical shifts in production and consumption paradigms. Driving different choices regarding formal solutions, materials, processes, and infrastructures represents a systemic intervention that cannot be addressed linearly and incrementally (Bocken et alii, 2014).

After reviewing the literature, the authors identified 10 Circular Design approaches relevant to promoting the development of artefacts aligned with the principles of the Circular Economy, including: Design for Product Life Extension (Stahel, 2013), Modular Design (Inoue et alii, 2020; Pietroni, Di Stefano and Galloppo, 2023), Design for Reparability (Cordella, Alfieri and Sanfelix Forner, 2019), Design for Disassembly (De Fazio et alii, 2021), Design for Upcycling (Ahn and Lee, 2018), Design for Material Efficiency (Allwood et alii, 2013; Lifset and Ecklman, 2013), Design for Productive Resource Efficiency (Nyamekye et alii, 2024), Open / Collaborative Design (Menichinelli and Cangiano, 2021), Emotional Design (Desmet and Hekkert, 2009; Lobos and Babbitt, 2013), and Product-Service System Design (McAloone and Andreasen, 2004; Vezzoli, Garcia Parra and Kohtala, 2021). These Circular Design approaches concerning the core principles of the Circular Economy have guided the observations that underpin the project.

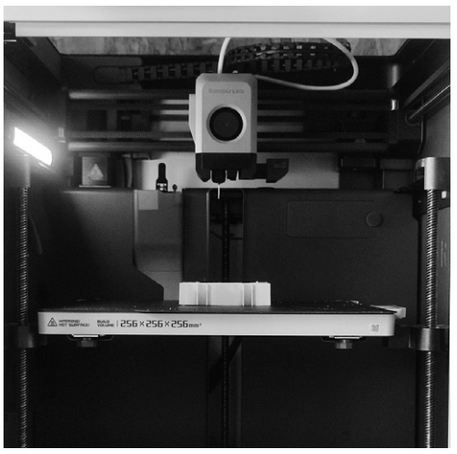
Based on these principles, 40 case studies on the circularity of contemporary sofas were catalogued, and subsequently analysed through the lens of Circular Design approaches (Fig. 7). For each selected case, an information sheet was compiled, containing descriptive data (product name, designer, manufacturing company, country, year of production, type of product, and level of maturity – prototype or market product), accompanied by a brief description with photos and online references, as well as the materials used and distinctive elements. This analysis was then cross-referenced with aspects related to production, sales and post-consumption models, environmental certifications, the principles of the circular economy (the 6Rs), and the specific business model, such as Circular Inputs, Life Extension, Product as a Service, Sharing Platforms, or End-of-Life (Symbola, 2021). The collected information was organised in an Excel spreadsheet with conditionally formatted sections to standardise data collection and enable a systematic comparison.

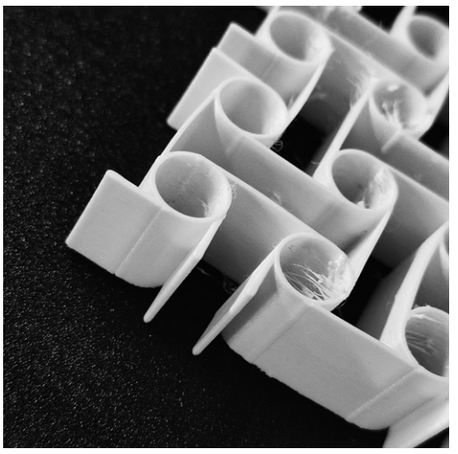
The comparison of the cases and their re-evaluation in light of Circular Design principles highlighted the limited presence or complete absence of service solutions for the sofa product system and the implementation of circular business models related to the creation of sharing platforms. This gap is significant because designing the entire product-service system represents added value in the Circular Economy. The fact that, to date, this approach has not been emphasised in the upholstered furniture sector presents a crucial design opportunity: strategies for material recovery and remanufacturing are scarcely addressed, and there are deep gaps in terms of open and collaborative design. On the other hand, other Circular Design approaches are more prevalent, including Design for Product Life Extension, Modular Design, Design for Disassembly, and Design for Repairability. Additionally, it is interesting to note the presence of historic products, reintroduced by companies since the 1970s, because they already inherently met some modularity and disassembly requirements, which have been enhanced today with new materials (Bruno et alii, 2022) or production processes.

The approach adopted has proven effective in consolidating a body of relevant examples of circular practices in the contemporary upholstered furniture sector. The structured systematisation of data enabled comparisons between different cases and identifying emerging trends in the transition toward the Circular Economy. However, the lack of some critical information, along with the limited willingness of companies to participate in in-depth interviews, constrained the qualitative analysis, reducing its completeness.

In addition to the collection and analysis of case studies, a collection of circular materials from the upholstered furniture sector was created (Circular Sofa Platform Material Library) to gather materials that are currently or could potentially be valid substitutes for raw materials considered critical in the industry (Fig. 8). This collection could be regarded as a design tool to catalogue materials already used in other fields that could potentially be employed across industries. At present, the library contains 32 materials, each of which can be described as circular 'neo-materials' because they are 'renewed and renewable', or made from material that has 're-entered' the production cycle, whether from a homogeneous or different supply chain (Pellizzari and Genovesi, 2021).

Thanks to the knowledge and skills acquired through the implementation of the presented research methodology and the creation of the initial outputs described, it became clear that, to intervene in a complex product system like upholstered furniture, it is necessary to break it down into its functional morphological components (Bonsiepe and Bertoldini, 1975). The sofa system is thus reinterpreted through Circular Design approaches applied to its primary compositional elements (padding, frame, upholstery, and connective system) using experi-





Figg. 9-11 | Experimentation on padding: FDM 3D printing of auxetic elements; example of auxetic structure; example of compression of an auxetic structure (credits: the Authors, 2024).

Fig. 12 | Drum experiment: the study of the current mid-range non-disassembly drum (credit: the Authors, 2024).

mentation divided into four different yet synergistic four Proof of Concept (PoCs) experiments.

Designing by components: experimenting with new design solutions | The experimentation aims to develop a platform project for a new type of upholstered furniture (sofa) that fully embraces the principles of environmental, social, and economic sustainability, thereby achieving systemic circularity. Each primary element of the sofa has specific goals to promote low-impact but functional solutions for users and manufacturers while respecting technical constraints. The project includes four PoCs: 1) padding, 2) structure, 3) upholstery, and 4) connective solutions. The objectives of each PoC are detailed and explored below.

Among the main challenges in the production chain of upholstered furniture, managing the padding element at the end of its life is particularly complex, as it is primarily made of polyurethane foam. This material is chosen for its low production costs (EUROPUR, 2015) and chemical composition (Usman, Adeosun and Osifeso, 2011), but is characterised by a limited recycling or reuse chain. The project, therefore, aims to replace polyurethane foam while maintaining the supportive and comfort-providing functions it offers due to its elastic properties (Rampf et alii, 2012). The replacement is achieved by translating material properties into geometric properties and redesigning the component according to the Modular Design approach. Hollow modules characterise the design with an auxetic geometry capable of replicating the compression and decompression behaviour typical of polyurethane foams (Figg. 9-11). This type of geometry expands perpendicularly when subjected to tension in one direction and compresses perpendicularly when subjected to a load (Evans and Alderson, 2000). From the analysis of different auxetic geometries, those aligned with the defined design constraints were selected, including compression towards the centre of mass without dimensional variation. The materials chosen for the modules are thermoplastic polymers, which provide adequate mechanical performance and have a well-established recycling chain (Plastics Europe, 2024; Circular Economy Network, 2024; ISPRA, 2024).

Regarding the structure, potential solutions must address the extension of the product's life cycle by ensuring the adaptability, reconfigurability, maintenance, repairability of various components, transportability, and sustainability of material resources. It is essential to apply the principle of disassembly, combined with minimising bulk when the sofa is disassembled and optimising materials to make the structure lighter, thus facilitating transport at all lifecycle stages, not just at the time of post-sale delivery. The redesign must allow for easier separation from the upholstery, unlike current mid-range products (Fig. 12). The redesign, therefore, aims to keep both the frame and the support and spring elements of the cushions visible, which are often integrated.

Finally, to facilitate product reconfigurability, it is helpful to develop modular elements that fulfil different functions of the sofa system, such as seats, armrests, backrests, and footrests. In the context of modularity and disassembly, it is necessary to consider connection / assembly methods between elements that promote standardised and reversible joints. These approaches would be further enhanced by using materials that can easily be integrated into a well-structured recovery chain, such as metallic materials, particularly steel.

Regarding upholstery, attention has been focused on the leather supply chain to test and validate the use of vegetable tanning, aiming to define a circular and sustainable solution. The objectives are to improve the leather production supply chain by reducing its environmental impact, ensuring comfort equivalent to traditional upholstery, and guaranteeing comparable durability (UNIC, 2022).

Currently, upholstery is made from various materials, each with specific supply chains, including natural leather and eco-leather, the latter being treated according to regulations that reduce its environmental impact (Black et alii, 2013). However, the leather

industry still requires further improvements in sustainability and circularity, which should involve various local stakeholders. The goal of the leather upholstery experimentation is thus to explore the use of vegetable tanning, intending to structure a supply chain that meets the criteria of circularity and sustainability while also leveraging waste from other sectors. In parallel, producing leather from plant waste could be a viable solution, creating sustainable alternatives to traditional supply chains by investigating the process's scalability, and the material's durability and market acceptance.

Finally, the investigation into the connective elements between fabric and frame aims to identify new solutions that can enable the design of mono-material components, reducing the environmental impact of production, recycling, and disassembly to facilitate replacement, repair, and disposal.

Currently, upholstery poses challenges both in the materials used – it is often made of non-recyclable polyesters intertwined with other materials in a non-reversible way – and in its assembly, as it is frequently sewn irreversibly to the padding and connected with nails and glue to the frame, making it non-washable, non-repairable, and unable to be disassembled at the end of its life. Alternatively, fasteners in various sectors allow the assembly of different product parts. The experimentation focuses on new solutions for connections between the upholstery and the frame, aiming to extend the product's lifespan and ensure a production process in line with that of upholstered furniture, facilitating and improving the workflow during assembly.

The various design and process innovations related to the four components (padding, structure, upholstery, and connections) that make up the upholstered product can work in a synergetic and integrated way to realise a PoC that better aligns with Circular Design principles. Moreover, all design choices must be guided by the practical feasibility of using low-impact materials and processing techniques that are already widespread in the region (e.g., thermoplastic extrusion, cutting and welding of metal tubing, leather cutting), favouring scalable solutions that can open new market opportunities for small and medium-sized enterprises without requiring significant infrastructural investments.

Conclusions | The sofa is a complex object whose transformation over time reflects broader societal changes: from a symbol of status and formality, it has evolved into a more inclusive and multifunctional element in contemporary living spaces. This shift can be attributed to technological advances, changes in lifestyle and social dynamics, and an increased focus on comfort and practicality.

The challenge lies in raising awareness among manufacturers so they can gradually embrace and integrate solutions to product sustainability issues and educate consumers. The latter is a crucial factor in achieving the sustainable development goals of the upholstered furniture industry, as consumers' behaviours and choices can support the systemic implementation of these design proposals. Therefore, the entire development strategy of the project focused on breaking down the complexity of the finished product into understandable elements, which could serve as the basis for raising awareness among actors in the upholstery supply chain and for communication targeted at users, enabling them to become informed consumers.

Intervening in the design phase is crucial, as once a product's specifications are defined, only minimal improvements can generally be made, which are not significant enough for a radical paradigm shift. In contrast, modifying choices related to formal solutions, materials, processes, and the involved infrastructure represents a systemic intervention that cannot be addressed linearly. Thus, by breaking down a complex system into its constituent elements, the project aimed to repackage its complexity, enabling a gradual adoption of improvements that would be anticipated from the product conception phase.

The CSP project promotes the adoption of Circular Design approaches in a structured and mindful way to effectively drive a sustainable transition in product creation. To this end, it takes advantage of study models and working prototypes, including digital fabrication, which allows for the simulation and testing of solutions in a shortened timeframe that can then be scaled in an industrial context.

The approach presented in this contribution enables positive outcomes on multiple levels, from reducing environmental impact to redefining production processes and fostering more circular relationships among the various actors in the supply chain. This opens new perspectives not only for more sustainable upholstered furniture design but also for creating a new production model that could reshape the entire upholstered furniture sector. In this sense, the discipline of Design can play a fundamental role in developing new strategies to address the complexity of systemic innovations.

Acknowledgements

The Circular Sofa Platform project is funded by the European Union (Next Generation EU grant) through the Ministry of University and Research as part of the National Recovery and Resilience Plan and is included in Spoke 2 of the extended partnership 'Made in Italy Circular and Sustainable' (MICS).

This contribution is the result of a collective reflection by the Authors. However, the drafting of the document was carried out by P. Bolzan, N. Di Prima, A. Filippini, G. Pontillo, M. Puglielli, L. Rosato, and F. Zeccara.

References

Ahn, S. H. and Lee, J. Y. (2018), "Re-Envisioning Material Circulation and Designing Process in Upcycling Design Product Life Cycle", in *Archives of Design Research*, vol. 31, issue 4, pp. 5-21. [Online] Available at: doi.org/10.15187/adr.2018.11.31.4.5 [Accessed 15 October 2024].

Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G. and Worrell, E. (2013), "Material efficiency – Providing material services with less material production", in *Philosophical Transactions of The Royal Society*, vol. 371, issue 1986, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1098/rsta.2012.0496 [Accessed 15 October 2024].

Black, M., Canova, M., Rydin, S., Scalet, B. M., Roudier, S. and Sancho, L. D. (2013), *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins – Industrial Emission Directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control)*, JRC, Report EUR 26130 EN. [Online] Available at: doi.org/10.2788/13548 [Accessed 15 October 2024].

Bocken, N. M. P., Farracho, M., Bosworth, R. and Kemp, R. (2014), "The front-end of eco-innovation for eco-innovative small and medium sized companies", in *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 31, pp. 43-57. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.10.004 [Accessed 15 October 2024].

Bonsiepe, G. and Bertoldini, M. (1975), *Teoria e pratica del disegno industriale – Elementi per una manualistica critica*, Feltrinelli, Milano.

Bruno, D., Ferrara, M., D'Alessandro, F. and Mandelli, A. (2022), "The Role of Design in the CE Transition of the Furniture Industry – The Case of the Italian Company Cassina", in *Sustainability*, vol. 14, issue 15, article 9168, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14159168 [Accessed 15 October 2024].

Cerulo, B., Papile, F., Motta, M., Marinelli, A., Conti, G. M. and Del Curto, B. (2022), "3D knitting for upholstery – Guidelines to design at the interface of sustainable fashion and furniture", in Gianni Montagna, G. and Carvalho, C. (eds), *Proceedings of the 13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2022)*, AHFE Open Access, vol. 32, AHFE International, USA. [Online] Available at: openaccess.cms-conferences.org/publications/book/978-1-958651-08-7/article/978-1-958651-08-7_16 [Accessed 15 October 2024].

Ceschin, F. and Gaziulusoy, I. (2016), "Evolution of design for sustainability – From product design to design for system innovations and transitions", in *Design Studies*, vol. 47, pp. 118-163. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002 [Accessed 15 October 2024].

Circular Economy Network (ed.) (2024), *6° Rapporto sull'economia circolare in Italia – Focus – Indagine sull'economia circolare nelle piccole imprese.* [Online] Available at: circulareconomynetwork.it/wp-content/uploads/2024/05/CEN2024-Impagina-TOT-DEF.pdf [Accessed 15 October 2024].

Cordella, M., Alfieri, F. and Sanfelix Forner, J. (2019), *Analysis and development of a scoring system for repair and upgrade of products*, JRC Technical Report, JRC114337, EUR 29711 EN. [Online] Available at: doi.org/10.2760/725068 [Accessed 15 October 2024].

Crippa, D., Villa, M. C., Di Prete, B., Ratti, L., Rebaglio, A., Zanini, M. and Zanotto, F. (2022), "Verso un progetto circolare, tra architettura e allestimento – Piattaforme digitali per il riuso | Towards a circular project, between architecture and exhibition design – Digital platforms for reuse practices" in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 234-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12212022 [Accessed 15 October 2024].

De Fazio, F., Bakker, C., Flipsen, B. and Balkenende, R. (2021), "The Disassembly Map – A new method to enhance design for product repairability", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 320, article 128552, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128552 [Accessed 15 October 2024].

Desmet, P. M. A. and Hekkert, P. (2009), "Special Issue Editorial – Design & Emotion, in *International Journal of Design*, vol. 3, issue 2. [Online] Available at: ijdesign.org/in

dex.php/IJDesign/article/view/626/255 [Accessed 15 October 2024].

EEB – European Environmental Bureau (2017), *Circular Economy Opportunities in the Furniture Sector*. [Online] Available at: circulareconomy.europa.eu/platform/sites/ default/files/eeb_-_ce_in_the_furniture_sector_final_high_ res.pdf [Accessed 15 October 2024].

EMF – Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy – Vol. 1 – Economic and business rationale for an accelerated transition.* [Online] Available at: emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o [Accessed 15 October 2024].

European Commission (2024), *Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive (EU) 2020/1828 and Regulation (EU) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC*, document 32024R1781. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/ ?uri=CELEX%3A32024R1781&qid=1719580391746 [Accessed 15 October 2024].

European Commission (2018), *Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste*, document 32018L0851. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851 [Accessed 15 October 2024].

European Commission (2008), *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*, document 32008L0098. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098 [Accessed 15 October 2024].

European Commission (2002), *Regulation No EC 2150/ 2002 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2002 on waste statistics*, document 32002 R2150. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ ALL/?uri=CELEX%3A32002R2150 [Accessed 15 October 2024].

EUROPUR – European Association of Flexible Polyurethane Foam Blocks Manufacturers (2015), *Flexible Polyurethane (PU) Foam – EUROPUR – August 2015 – Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers*. [Online] Available at: europur.org/wp-content/uploads/2022/04/20150821_EUROPURZEco-profileZPUZfoam_finalZincl.ZReviewZMSchulz.pdf [Accessed 15 October 2024].

Evans, K. E. and Alderson, A. (2000), "Auxetic Materials – Functional Materials and Structures from Lateral Thinking!", in *Advanced Materials*, vol. 12, issue 9, pp. 617-628. [Online] Available at: doi.org/10.1002/(SICI)1521-4095(20 0005)12:9<617::AID-ADMA617>3.0.CO;2-3 [Accessed 15 October 2024].

Inoue, M., Yamada, S., Miyajima, S., Ishii, K., Hasebe, R., Aoyama, K., Yamada, T. and Bracke, S. (2020), "A modular design strategy considering sustainability and supplier selection", in *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 14, issue 2, pp. 1-10. [Online] Available at: researchgate.net/publication/340093215_ A_modular_design_strategy_considering_sustainability_and _supplier_selection [Accessed 15 October 2024]

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2024), *Rapporto Rifiuti Speciali – Edizione 2024.* [Online] Available at: isprambiente.gov.it/files2024/ pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutispeciali_ed-2024_n-402_versioneintegrale.pdf [Accessed 15 October 2024].

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2022), *Rapporto Rifiuti Urbani – Edizione 2022.* [Online] Available at: isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2022 [Accessed 15 October 2024].

ISTAT (2022), *Raccolta differenziata dei rifiuti – Comportamenti e Soddisfazione dei Cittadini e Politiche nelle Città – Anni 2020-2021*. [Online] Available at: istat.it/comunicato-stampa/raccolta-differenziata-dei-rifiuti-comportamenti-e-soddisfazione-dei-cittadini-e-politiche-nelle-citta-anni-2020-2021/ [Accessed 15 October 2024].

Jawahir, I. S. and Bradley, R. (2016), "Technological Elements of Circular Economy and the Principles of 6R-Based Closed-loop Material Flow in Sustainable Manufacturing", in *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 103-108. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.067 [Accessed 15 October 2024].

Joore, P. and Brezet, H. (2015), "A Multilevel Design Model – The mutual relationship between product-service system development and societal change processes", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 97, pp. 92-105. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.043 [Accessed 16 October 2024].

Lifset, R. and Eckelman, M. (2013), "Material efficiency in a multi-material world", in *Philosophical Transactions of Royal Society A*, vol. 371, issue 1986, pp. 2012-2031. [Online] Available at: doi.org/10.1098/rsta.2012.0002 [Accessed 15 October 2024].

Lobos, A. and Babbitt, C. W. (2013), "Integrating Emotional Attachment and Sustainability in Electronic Product Design", in *Challenges*, vol. 4, issue 1, pp. 19-33. [Online] Available at: doi.org/10.3390/challe4010019 [Accessed 15 October 2024].

McAloone, T. C. and Andreasen, M. M. (2004), "Design for utility, sustainability and societal virtues – Developing Product Service Systems", in Marjanovic D. (ed), *Proceedings of DESIGN 2004 – The 8th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia*, pp. 1545-1552. [Online] Available at: designsociety.org/publication/19951/DESIGN+ FOR+UTILITY%2C+SUSTAINABILITY+AND+SOCIETAL+VIRTUES%3A+DEVELOPING+PRODUCT+SERVICE+SYSTEMS [Accessed 15 October 2024].

Menichinelli, M. and Cangiano, S. (2021), "Open Design as an approach for the commoning of design – The collaborative experience of openly defining Open Design with an open source process", in Botta, M. and Junginger, S. (eds), *Design as Common Good – Framing Design through Pluralism and Social Values – Swiss Design Network – Symposium 2021 – Conference Proceedings*, Scuola Universitaria Professionale della Svizzera italiana (SUPSI), pp. 466-481. [Online] Available at: drive.switch.ch/index.php/s/92PEcA 3qKVoXEDD [Accessed 15 October 2024].

Mermertas, M., Ozsoy, K., Gloria, T. and Babuna, F. G. (2018), "Environmental Sustainability of a Sofa", in *EURASIA 2018 Waste Management Symposium – YTU Davutpasa Congress Center, Istanbul, Turkey, 2-4 May 2018*, pp. 654-660. [Online] Available at: researchgate.net/publication/325403020_Environmental_Sustainability_of_a_Sofa [Accessed 15 October 2024].

Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z. and Charnley, F. (2016), "A Conceptual Framework for Circular Design", in *Sustainability*, vol. 8, issue 9, article 937, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su8090937 [Accessed 15 October 2024].

Nyamekye, P., Lakshmanan, R., Tepponen, V. and Westman, S. (2024), "Sustainability aspects of additive manufacturing – Leveraging resource efficiency via product design optimization and laser powder bed fusion", in *Heliyon*, vol. 10, issue 1, article e23152, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23152 [Accessed 15 October 2024].

Pellizzari, A. and Genovesi, E. (2021), *Neomateriali 2.0 nell'economia circolare*, Edizioni Ambiente, Milano.

Pietroni, L., Di Stefano, A. and Galloppo, D. (2023), "Il design modulare verso l'economia circolare – Dal 'fare per disfare' al 'fare per rifare' | Modular design towards the circular economy – From 'making to unmake' to 'making to remake'", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 274-283. [Online] Available at: doi.org/ 10.19229/2464-9309/14232023 [Accessed 15 October 2024].

Plastics Europe (2024), *The Circular Economy for Plastics – A European Analysis*, March 2024. [Online] Available at: plasticseurope.org/knowledge-hub/the-circular-economy-for-plastics-a-european-analysis-2024/ [Accessed 15 October 2024].

Rampf, M., Speck, O., Speck, T. and Luchsinger, R. H. (2012), "Structural and mechanical properties of flexible polyurethane foams cured under pressure", in *Journal of Cellular Plastics*, vol. 48, issue 1, pp 53-59. [Online] Available at: doi.org/10.1177/0021955X11429171 [Accessed 15 October 2024].

Stahel, W. R. (2013), "Policy for material efficiency – Sustainable taxation as a departure from the throwaway society", in *Philosophical Transactions of the Royal* Society, vol. 371, issue 1986, article 20110567. [Online] Available at: doi.org/ 10.1098/rsta.2011.0567 [Accessed 15 October 2024]

Symbola (2021), *100 Italian Circular Economy Stories 2021.* [Online] Available at: symbola.net/ricerca/100-italian-circular-economy-stories/ [Accessed 15 October 2024]

Turrini, D. and Sbordone, M. A. (2020), "Designed and Made in Italy – Invarianti, transizioni, nuove mappe valoriali", in *MD Journal*, vol. 9, pp. 6-19. [Online] Available at: mdj.materialdesign.it/index.php/mdj/article/view/157/178 [Accessed 15 October 2024].

UNI EN 17902:2024 (2024), *Furniture – Circularity – Evaluation method for dis/re-assembly capability*. [Online] Available at: store.uni.com/uni-en-17902-2024 [Accessed 15 October 2024].

UNI/TS 11820:2022 (2022), *Measuring circularity – Methods and indicators for measuring circular processes in organizations.* [Online] Available at: store.uni.com/en/uni-ts-11820-2022 [Accessed 15 October 2024].

UNIC (2022), *Report di Sostenibilità 2022*. [Online] Available at: unic.it//storage/Report%20Sostenibilità%20UNIC%20Concerie%20Italiane%202022.pdf [Accessed 15 October 2024].

Usman, M., Adeosun, S. and Osifeso, O. G. (2011), "Optimum Calcium Carbonate Filler Concentration for Flexible Polyurethane Foam Composite", in *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, vol. 11, issue 3, pp. 311-320. [Online] Available at: doi.org/10.4236/jmmce. 2012.113023 [Accessed 15 September 2024]

Vezzoli, C., Garcia Parra, B. and Kohtala, C. (eds) (2021), *Designing Sustainability for All – The Design of Sustainable Product-Service Systems Applied to Distributed Economies*, Springer, Cham. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-66300-1 [Accessed 15 October 2024].

Yang, H., Xia, J., Thompson, J. R. and Flower, R. J. (2017), "Urban construction and demolition waste and landfill failure in Shenzhen, China", in *Waste Management,* vol. 63, pp. 393-396. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.wasman. 2017.01.026 [Accessed 15 October 2024].

Zannoni, M., Succini, L., Rosato, L. and Pasini, V. (2024), "Transitional industrial designer – La responsabilità di progettisti e imprese per una transizione sostenibile | Transitional industrial designer – The responsibility of designers and companies for a sustainable transition", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 332-343. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15282024 [Accessed 15 October 2024].