

# SCALE-UP DELLE BUONE PRATICHE DI CIRCULARITÀ PER L'AMBIENTE COSTRUITO. IL CONTRIBUTO DELLE PIATTAFORME COLLABORATIVE

Paola Altamura <sup>1</sup>, Serena Baiani <sup>1</sup>, Francesca Ceruti <sup>2</sup> e Laura Cutaia <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura (PDTA), "Sapienza" Università di Roma, Via Flaminia 72, 00196 Roma, Italia

<sup>2</sup> Dipartimento di Economia e Management (DEM), Università di Brescia, Contrada S. Chiara 50, 25122 Brescia, Italia

<sup>3</sup> ENEA. Laboratorio Valorizzazione delle risorse (RISE), Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT), C.R. ENEA Casaccia - Via Anguillarese 301, 00123 Roma, Italia.

**ABSTRACT:** Il contributo evidenzia il ruolo che le piattaforme collaborative possono offrire per la promozione della circolarità nel settore delle costruzioni, mediante l'interazione tra i diversi stakeholder e in particolare attraverso la raccolta e promozione delle buone pratiche. Il lavoro riporta infatti gli esiti esperienze di consultazione degli stakeholder, volte a individuare gli ambiti strategici e le azioni prioritarie per lo scale-up delle soluzioni circolari a larga scala, ed attività di raccolta, censimento e analisi di buone pratiche a diversa scala che esemplificano la possibilità di implementare concretamente e in maniera altamente replicabile le soluzioni stesse, finora spesso considerate casi sperimentali difficilmente ripetibili.

*Keywords:* Circularity, construction sector, building materials, collaborative platforms, stakeholder engagement

## 1. INTRODUZIONE

Il settore delle costruzioni coinvolge la produzione, manutenzione e gestione del fine vita di una grande varietà di infrastrutture e edifici. Dal punto di vista economico, il prodotto interno lordo (PIL) dell'industria delle costruzioni migliora la crescita delle nazioni. In particolare, Suwal et al. (2019) hanno affermato che l'industria delle costruzioni contribuisce al PIL a livello globale per il 6%. Nonostante il contributo positivo dell'industria edilizia sul PIL, le sue attività hanno implicazioni negative che si ripercuotono sull'ambiente, sulla società e sull'economia. Infatti, recenti stime indicano che il settore dell'edilizia e delle costruzioni consuma circa il 40% dei materiali e genera circa il 35% dei rifiuti nelle sue attività (Agyekum et al., 2024). Inoltre, l'edilizia è responsabile del 36% del consumo energetico e del 37% delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia (UNEP, 2021).

L'industria delle costruzioni è quindi un settore ad alta intensità di materiali e contribuisce in modo significativo alla produzione di rifiuti solidi a livello mondiale. Inoltre, sebbene siano state sviluppate politiche a diversi livelli per migliorare la sostenibilità del settore, esse non si concentrano completamente su un'economia circolare (Adams et al., 2017), ma piuttosto danno priorità alle strategie per la riduzione dei consumi di energia operativa. Recentemente, gran parte delle riflessioni sull'economia circolare si sono concentrate sui prodotti di consumo di breve e media durata (Adams et al., 2017). La ricerca e le applicazioni pratiche su larga scala di economia circolare nell'ambiente costruito sono infatti ancora

limitate, sia a livello di componente/materiale, sia a livello di edificio (Adams et al., 2017) e necessità di una visione olistica che guardi al settore delle costruzioni più in generale, per poter garantire reali impatti positivi in termini di riduzione del prelievo di risorse e connesse emissioni climalteranti (Baiani & Altamura, 2021).

I dati sopra menzionati hanno spinto l'industria delle costruzioni a perseguire cambiamenti nelle sue pratiche e a ridefinire concetti come quello di Costruzione Circolare per facilitare la transizione verso economia circolare. L'Edilizia Circolare può essere intesa in relazione ai principi dell'economia circolare applicati nell'ambiente costruito con una visione sistemica che vada oltre ai cosiddetti "edifici verdi" che sono incentrati sulla tecnologia e sulle preoccupazioni ambientali o agli "edifici sostenibili" focalizzati oltre che sulla dimensione ambientale anche su quelle economiche e sociali. Gli edifici circolari che danno priorità al sostegno e al comportamento delle parti interessate (governo, clienti, fornitori e costruttori, tra gli altri) (Pomponi and Moncaster, 2017) sono progettati per abbracciare i principi circolari e fornire la chiusura dei cicli delle risorse a diversi livelli spazio-temporali degli edifici. Questo non solo riflette il fatto che l'economia circolare nelle costruzioni è un concetto complesso ma anche di natura dinamica, in quanto non solo è necessario considerare e integrare aspetti tecnici, sociali, economici, ambientali, ma anche comportamentali, spaziali e temporali (Papastamoulis et al., 2021; Yu et al., 2022). Pertanto, i processi di progettazione e costruzione circolare nell'ambiente costruito comportano un cambiamento significativo nell'approccio di tutti gli attori coinvolti e delle relative filiere. Non solo i progettisti, ma anche i committenti, gli appaltatori e i produttori sono coinvolti in questo processo, oltre al fatto che si fa sempre più stringente la necessità di formare nuove figure professionali in grado di implementare modelli di business circolari innovativi, come gli specialisti della decostruzione e della vendita di componenti di recupero (ad esempio, Restado, Rotor DC, Cyrkl).

In questo processo di cambiamento, le piattaforme multistakeholder possono avere un ruolo chiave in quanto favoriscono il coinvolgimento e la collaborazione di diversi attori che, sulla base di valori condivisi, sono disposti a collaborare per accrescere i propri sistemi di conoscenze e competenze per una progressione collettiva. Ecco perché, nel corso del tempo, la tradizionale triade conosciuto come modello a tripla elica dell'innovazione formato da università-industria-governo, ha subito trasformazioni. Il modello elicoidale di innovazione si è nel tempo rafforzato con nuovi modelli di generazione della conoscenza, basati su media e cultura condivisa, società civile e ambiente andando ad evolversi nel cosiddetto modello di innovazione a quintupla elica (Carayannis & Campbell, 2010).

Adottando il framework teorico proposto dal modello di quintupla elica, il presente lavoro mostra come le piattaforme di collaborazione possano non solo favorire gli scambi culturali per contribuire pienamente agli obiettivi di efficienza delle risorse e di neutralità climatica ma anche essere considerate un contenitore di buone pratiche che favoriscano la scalabilità e la replicabilità di innovazioni presenti sul mercato.

## **2. LE PIATTAFORME COLLABORATIVE PER LA CIRCOLARITÀ NEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI**

Il modello della Quintupla Elica comprende diversi attori che interagiscono producendo conoscenza: le Istituzioni, le università, le imprese, la società civile e l'ambiente naturale, (Carayannis & Campbell, 2010). Nel dettaglio, l'ambito istituzionale svolge un ruolo cruciale nel trasferimento delle conoscenze e nell'assistenza per potenziare le industrie creative; le università fungono da centri di trasferimento tecnologico e forniscono risorse umane e conoscenze; l'industria favorisce la creazione di incubatori di imprese e la commercializzazione delle conoscenze; la società civile contribuisce formalmente alla partecipazione manageriale e all'organizzazione di ambienti e processi radicati nella cultura e nella comunicazione; l'ambiente naturale offre il capitale naturale (o umano). Questo modello, con la sua struttura interdisciplinare e transdisciplinare, funge da riferimento completo per il processo decisionale in materia di conoscenza, innovazione e ambiente. Di conseguenza, le interazioni tra le diverse "eliche"

favoriscono la creazione, la produzione, l'applicazione, la diffusione e l'utilizzo continuo della conoscenza, nonché l'innovazione, promuovendo l'eco-innovazione e l'eco-imprenditorialità (Carayannis & Campbell, 2010; Harwiki & Malet, 2020).

Il presente paragrafo descrive alcune piattaforme collaborative on line esistenti accumulate dal fatto di essere riconducibili al modello di quintupla elica avendo una molteplicità di stakeholder appartenenti alle varie sfere oltre ad essere "contenitori" di buone pratiche riconducibili all'ambiente costruito. Tali buone pratiche sono considerate esempi virtuosi di innovazione (di prodotto, di processo ma anche organizzativa) che favoriscono la transizione verso le costruzioni circolari nell'accezione sopra menzionata. Va inoltre sottolineato come l'aspetto interdisciplinare promuova e faciliti lo scambio e la mappatura delle buone pratiche. Fra le varie piattaforme esistenti, si propone nel proseguo un elenco non esaustivo che coinvolge piattaforme nazionali come pure transfrontaliere: l'European Circular Economy Stakeholder Platform (ECESP) e la piattaforma corrispondente nazionale Italiana (ICESP); l'Holland Circular Hotspot; il Circular Taiwan Network.

## 2.1 European Circular Economy Stakeholder Platform

ECESP è un'iniziativa congiunta della Commissione europea e del Comitato economico e sociale europeo che sostiene le organizzazioni della società civile e le autorità pubbliche che accelerano la transizione verso un'economia circolare in Europa, promuovendo il dialogo, la condivisione delle conoscenze e lo scambio di buone pratiche. Come dichiarato nel suo sito web (<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en>) come "rete di reti", ECESP rappresenta un "luogo" di incontro per le parti interessate per condividere e scalare soluzioni efficaci e affrontare sfide specifiche. La piattaforma fa da ponte tra le iniziative esistenti a livello locale, regionale e nazionale e sostiene l'attuazione dell'economia circolare in molteplici settori. L'impegno delle parti interessate è incoraggiato attraverso gruppi di lavoro tematici (c.d. Leadership Group). In particolare, il Leadership Group sull'ambiente costruito ha identificato due priorità principali: supportare l'integrazione degli aspetti di circolarità nella legislazione esistente (o in via di definizione); favorire la standardizzazione dei materiali promuovendo l'introduzione dei passaporti digitali per i materiali in tutta l'UE. Dai lavori del leadership group e grazie al database della piattaforma ECESP è nata una prima raccolta delle buone pratiche legate all'ambiente costruito (ECESP, 2021).

## 2.2 Italian Circular Economy Stakeholder Platform

ICESP, Italian Circular Economy Stakeholder Platform è la piattaforma nazionale specchio di ECESP. ICESP nasce come forum che riunisce le iniziative, le esperienze, le criticità e le prospettive che l'Italia rappresenterà e ha il potenziale per rappresentare in Europa in un'economia circolare, promuovendo la circolarità anche con azioni specifiche. Nel dettaglio ICESP si propone di: promuovere la diffusione della conoscenza; favorire il dialogo e le relazioni sinergiche tra gli attori italiani; mappare le buone pratiche italiane; superare la frammentazione delle iniziative a livello nazionale; creare uno strumento operativo permanente che possa stimolare e facilitare il dialogo e le interazioni intersettoriali e infrasettoriali; promuovere l'eccellenza italiana e "il modo italiano di fare economia circolare", a partire dalle caratteristiche tradizionali e dai relativi modelli culturali, sociali e imprenditoriali. La piattaforma è aperta a tutti gli attori del settore dell'economia circolare (pubblica amministrazione, imprese, organizzazioni di ricerca e società civile) e adotta un approccio inclusivo. Tra i diversi gruppi di lavoro quello di "Catene del valore sostenibili e circolari", include un sottogruppo specifico sulle "Costruzioni e Demolizioni", con l'obiettivo di sviluppare documenti di posizionamento, raccogliere buone pratiche sul mercato e organizzare webinar/seminari su argomenti specifici relativi all'ambiente costruito. Dai lavori del sottogruppo è nato un primo position paper che include priorità per favorire la chiusura dei cicli nell'ambiente costruito e un primo elenco di buone pratiche riconducibili al settore (Altamura et al., 2020).

### 2.3 Holland Circular Hotspot

Holland Circular Hotspot è un'organizzazione privata che mira ad accelerare la transizione internazionale verso un'economia circolare mettendo in contatto aziende, istituti di conoscenza e autorità (locali), e a sostenere la collaborazione internazionale e lo scambio di conoscenze sull'economia circolare olandese. Collabora con diversi partner su temi diversi come il tessile, la plastica, le città circolari, l'acqua e l'edilizia. In particolare, il gruppo che si occupa di edilizia esplora come i concetti di economia circolare possano aiutare ad affrontare le sfide del settore, sostenendo la transizione verso un settore edilizio più sostenibile. Dai lavori dell'Holland Circular Hotspot è nata una raccolta delle buone pratiche legate all'ambiente costruito nei Paesi Bassi (Holland Circular Hotspot, 2022).

### 2.3 Circular Taiwan Network

Circular Taiwan Network (CTN) è un'organizzazione no-profit che promuove lo sviluppo di un'economia circolare a Taiwan. Dalla sua fondazione nel 2015, comunica, sostiene e facilita il coordinamento tra tutti gli aspetti della società (governo, industrie, università, istituti di ricerca, organizzazioni della società civile e media) per incoraggiare la trasformazione delle industrie e della società taiwanesi. La vision della piattaforma è quella di rendere l'economia circolare parte della vita quotidiana di Taiwan e di fare di Taiwan un leader nel movimento globale dell'economia circolare. La piattaforma è composta da Istituzioni, industrie, università, istituti, organizzazioni della società civile, media e organizzazioni internazionali attraverso la "CoPartners Circular Partner Platform". Anche il CTN raccoglie buone pratiche che vengono organizzate per tematica: Agroalimentare e biomassa, plastica, tessile, edilizia, trasporti, elettronica e chimica. Più nel dettaglio, sono state individuate 6 aree di miglioramento per favorire la transizione verso l'economia circolare del settore edile: Estensione del ciclo di vita degli edifici esistenti insieme all'efficienza energetica; Progettazione del recupero e del riuso di nuovi edifici; Istituzione di un sistema di valutazione appropriato per la circolarità nell'ambito delle costruzioni; Promozione di materiali da costruzione condivisi attraverso servizi di noleggio; Miglioramento dei materiali attraverso partnership collaborative; Quantificazione e definizione di obiettivi per la gestione della circolarità delle risorse totali nell'industria delle costruzioni. Dai lavori del CTN è nata una raccolta delle buone pratiche locali legate all'ambiente costruito (Circular Taiwan Network, 2024).

## 3. OBIETTIVI E METODOLOGIA DELLA RICERCA

Le attività di ricerca di cui il presente contributo sintetizza gli esiti, sono nate nell'ambito delle attività del sottogruppo di lavoro Costruzioni e Demolizioni di ICESP (cfr. Par. 2.2), e si sono successivamente sviluppate attraverso la metodologia di seguito descritta. La ricerca ha mirato in primo luogo a enucleare le principali azioni strategiche per lo scale-up della circolarità nel settore delle costruzioni nazionale, mediante la consultazione degli stakeholder presenti al Tavolo di ICESP. Obiettivo correlato è stato quindi quello di individuare delle buone pratiche nazionali e internazionali di diversa tipologia e scala (a livello di materiale, di prodotto, di processo, di edificio), e provenienti dal bacino delle buone pratiche delle piattaforme prima menzionate, che esemplifichino la possibilità di implementare concretamente e in maniera altamente replicabile le soluzioni stesse, finora spesso considerate casi sperimentali difficilmente ripetibili. Adottando un approccio qualitativo esplorativo basato sulla metodologia dello studio di casi multipli e della ricerca-azione partecipata, il lavoro analizza quindi alcuni esempi chiave, italiani e internazionali, relazionandoli alle azioni strategiche individuate mediante la consultazione descritta avvenuta nel sottogruppo ICESP, i cui esiti sono di seguito riportati.

### 3.1 Esiti della consultazione degli stakeholder sul tema delle priorità per il settore

Tra le priorità indicate dagli stakeholder (Tab. 1), la prima è la creazione di una piattaforma collaborativa, intesa come cooperativa o sistema per la collaborazione tra aziende operanti con lo stesso tipo di merci, come il CPR System per la gestione circolare degli imballaggi nel settore agroalimentare, da applicare nell'ambito della filiera degli inerti.

Tabella 1. Raggruppamento delle priorità in azioni strategiche per lo scale-up

<b>Priorità indicate dagli stakeholder</b>	<b>Azioni strategiche</b>
<i>Piattaforma collaborativa (innovazione)</i>	<b>Creazione di una piattaforma collaborativa</b>
<i>Migliorare e certificare la qualità dei prodotti da rifiuti da C&amp;D</i>	<b>Miglioramento della tracciabilità dei materiali e la trasparenza delle informazioni per estendere il ciclo di vita ed elevare la qualità dei prodotti da costruzione</b>
<i>Tracciabilità dei materiali e trasparenza informazioni in ottica di estensione del ciclo di vita</i>	
<i>La riconfigurazione temporanea degli spazi collettivi (uffici, scuole, sanità) e prevenzione waste.</i>	<b>Riconfigurazione temporanea degli spazi collettivi (uffici, scuole, sanità) e prevenzione waste</b>
<i>Adattabilità funzionale e reversibilità costruttiva</i>	
<i>Incentivare l'adaptability delle costruzioni in funzione dell'economia circolare</i>	<b>Incentivare l'adattabilità funzionale e la reversibilità costruttiva</b>
<i>Sviluppo di sistemi di prodotti-servizio sostenibili (Sustainable Product-Service Systems)</i>	<b>Sviluppo di sistemi di prodotti-servizio sostenibili (Sustainable Product-Service Systems)</b>
<i>Creazione di una rete di luoghi di raccolta diffusi per il conferimento dei rifiuti da C&amp;D</i>	<b>Creazione di una rete di luoghi di raccolta diffusi per il conferimento dei rifiuti da C&amp;D</b>
<i>Sviluppo di sistemi integrati per la condivisione delle informazioni tra gli attori della filiera.</i>	<b>Sviluppo e diffusione di sistemi digitali integrati per la condivisione delle informazioni tra gli attori della filiera e con gli utilizzatori</b>
<i>Sviluppo e diffusione di software rivolti agli operatori della filiera e ai potenziali utilizzatori</i>	
<i>Materiali innovativi prodotti con un'alta percentuale di rifiuti da C&amp;D</i>	
<i>Sviluppo di prodotti per il mercato pubblico e privato con contenuto di riciclato e certificati</i>	<b>Sviluppo di prodotti innovativi con contenuto di riciclato certificati per il mercato pubblico e privato, in particolare da rifiuti da C&amp;D</b>
<i>Utilizzo degli aggregati riciclati da rifiuti C&amp;D nella produzione di cemento</i>	
<i>Demolizione selettiva</i>	
<i>Introduzione della demolizione selettiva in modo sistematico.</i>	<b>Introduzione sistematica della demolizione selettiva per incrementare la potenzialità di riciclo dei materiali presenti</b>
<i>demolizione selettiva degli edifici per migliore capacità di riciclo di tutti i materiali presenti</i>	
<i>Introduzione sistematica della demolizione selettiva</i>	

Un aspetto chiave per il settore, poi, riguarda il miglioramento della tracciabilità dei materiali e la trasparenza delle informazioni per estendere il ciclo di vita ed elevare la qualità dei prodotti da costruzione. A fronte dei recenti re-layout funzionali, atti a adattare gli spazi alle nuove esigenze (es. distanziamento, separazione), è fondamentale tracciare non solo la flessibilità e reversibilità dei sistemi costruttivi, ma anche la tracciabilità dei materiali e una maggiore trasparenza delle informazioni. Solo in questo modo sarà possibile mirare all'estensione del ciclo di vita dei materiali/prodotti da

costruzione ed evitare la generazione di rifiuti. In particolare, in riferimento ai materiali del patrimonio costruito esistente, è necessario mettere in relazione i diversi soggetti della filiera (professionisti, imprese demolitrici, imprese di riciclaggio) al fine di rendere tracciabile il flusso di dati, dall'analisi pre-demolizione alla certificazione del prodotto riciclato, passando per la caratterizzazione dei rifiuti. È importante inoltre creare dei feedback, da parte dei riciclatori, che identifichino i fattori contaminanti più diffusi sul territorio e le tipologie edilizie (per periodo di costruzione e/o aree territoriali) dove sono maggiormente presenti.

Un fronte strategico per il settore delle costruzioni prevede poi l'incentivare l'adattabilità funzionale e la reversibilità costruttiva. L'emergenza COVID ha imposto la riorganizzazione diffusa degli spazi, dagli ospedali alle residenze, e ha reso necessario l'approntamento rapido di spazi temporanei. Al fine di evitare l'incremento di consumo di risorse e della produzione di rifiuti legati ai processi di adattamento, costruzione e smantellamento degli edifici, occorre sviluppare sistemi, prodotti e modelli di processo che garantiscano una elevata reversibilità all'interno di cicli di vita difficilmente prevedibili. Ad esempio, negli interventi sul patrimonio costruito esistente, occorre prediligere scelte progettuali e modalità di intervento favorevoli la futura ricettività di elementi innovativi.

Tale aspetto si ricollega alla riconfigurazione temporanea degli spazi collettivi (uffici, scuole, strutture sanitarie, etc.) mediante la progettazione e realizzazione di configurazioni temporanee in ottica di reversibilità, riusabilità e trasformabilità dei manufatti. In aggiunta, sarebbe auspicabile la realizzazione di un censimento per categorie di tutti i materiali utilizzati in situazioni temporanee di modo da individuare modelli organizzativi e di filiere per selezione/recupero/riuso/riciclo di materiali che garantiscano l'uso efficiente delle risorse.

L'emergenza Covid ha fatto inoltre emergere l'esigenza, anche nel settore delle costruzioni, di modelli organizzativi e di business alternativi. Tra questi, lo sviluppo di sistemi di prodotti-servizio (Sustainable Product-Service Systems) rappresenta uno scenario promettente per fornire ai clienti un risultato sostenibile in termini di carico ambientale ed utilizzo delle risorse, senza trasferirne la proprietà.

Ulteriori priorità derivano dalle politiche governative. L'introduzione degli incentivi nel D.L. Rilancio (Superbonus per le riqualificazioni) comporta l'incremento del volume di rifiuti da C&D prodotti e richiede la creazione di una rete capillare di centri preliminari di raccolta (ad es. presso i rivenditori di materiali edili) atti a ricevere e stoccare temporaneamente i rifiuti ai fini del successivo riciclo presso impianti debitamente autorizzati. Inoltre, al fine di garantire una gestione di qualità dei rifiuti da C&D dal punto di vista ambientale e tecnico, è indispensabile disporre di sistemi digitali integrati per la condivisione delle informazioni tra i vari stakeholder della filiera, considerando tutte le fasi del ciclo di vita, dalla demolizione, al trattamento dei rifiuti al reimpiego dei materiali. Sono necessari, inoltre, strumenti digitali a supporto degli operatori per favorire l'incontro domanda-offerta. Ecco, quindi, che risulta prioritario lo sviluppo e la diffusione di sistemi digitali integrati per la condivisione delle informazioni tra gli attori della filiera e con gli utilizzatori.

Sempre legato alle politiche governative, vista l'estensione dell'obbligo di applicazione dei CAM Edilizia agli interventi privati nell'ambito del Superbonus, diventa prioritario sviluppare nuovi prodotti con adeguato contenuto di riciclato e idonea certificazione ambientale, in particolare nel settore degli isolanti termici. Assume quindi un ruolo chiave lo sviluppo di prodotti innovativi certificati con contenuto di riciclato, fornendo agli utilizzatori le necessarie informazioni sulle prestazioni (ambientali, strutturali), al fine di incentivare il ricorso a questo tipo di materiali in rispondenza agli obblighi in vigore in ambito pubblico (CAM GPP Edilizia). In particolare, nella *supply chain* del cemento, diviene prioritario valutare l'utilizzo degli aggregati riciclati da rifiuti inerti, attualmente utilizzabili nei cicli a freddo (miscele di calcestruzzo), in parziale sostituzione delle materie prime naturali (calcare, argilla, ecc.) necessarie per realizzare la cosiddetta farina cruda che, una volta sottoposta a cottura nei forni delle cementerie, dà origine al clinker (componente prevalente del cemento).

Da ultimo, ma non per minor importanza, l'introduzione sistematica della demolizione selettiva incrementerebbe la potenzialità di riciclo dei materiali presenti nell'ambiente costruito garantendo processi circolari di qualità, in cui gli aggregati riciclati per calcestruzzo rappresentano un esempio.

Sebbene infatti si noti un progressivo incremento dell'attenzione delle imprese di costruzione verso i processi di differenziazione dei rifiuti da C&D, permangono barriere di natura burocratica, economica, organizzativa ad un'estensione significativa della demolizione selettiva a livello nazionale. Ai fini del superamento di tali barriere, è necessaria un'analisi approfondita delle tecniche di demolizione selettiva e relativi costi, in riferimento alla potenzialità di riuso/riciclo delle diverse tipologie di materiali (inerti, cartongesso, ferro, legno, plastiche, etc.) e componenti, nell'ottica di potenziamento delle filiere di recupero ad essi associate. In parallelo, è indispensabile promuovere una progettazione architettonica/tecnologica che, nell'ottica del ciclo di vita, preveda la separabilità dei componenti a fine vita. Solo attraverso una corretta progettazione, da svolgere prima delle attività di costruzione/demolizione, si possono ottenere materiali di qualità idonea all'inserimento nelle filiere di recupero.

#### 4. BUONE PRATICHE ESPLICATIVE DELLE AZIONI STRATEGICHE PER LO SCALE-UP DELLA CIRCOLARITÀ

Le seguenti sei buone pratiche (Tab. 2) sono tratte dal bacino di quelle censite nelle piattaforme ICESP, ECESP e Taiwan Circular Network, e sono quindi state raccolte dal basso dagli stakeholder coinvolti nelle piattaforme collaborative, ma sottoposte al vaglio dei rispettivi comitati di valutazione delle buone pratiche, con riferimento a criteri quali livelli di innovatività e replicabilità. Nella tabella seguente sono riportati i collegamenti riscontrabili tra le buone pratiche (2 a livello di edificio, 2 a livello di prodotto, 2 a livello di piattaforma digitale) selezionate e qui illustrate, e le azioni strategiche identificate nella consultazione degli stakeholder ICESP, i cui risultati sono stati descritti nel paragrafo precedente.

Tabella 2. Quadro delle sei buone pratiche in rapporto alle azioni strategiche censite nella consultazione ICESP.

Buona pratica	1	2	3	4	5	6
Azioni strategiche di riferimento	ZIN Project	Taitsugar Village	Prodotti Ricehouse	Calcestruzzo con riciclato	Madaster	Concular
<i>Creazione di una piattaforma collaborativa</i>	X				X	X
<i>Miglioramento della tracciabilità dei materiali e la trasparenza delle informazioni per estendere il ciclo di vita ed elevare la qualità dei prodotti da costruzione</i>	X	X		X	X	X
<i>Riconfigurazione temporanea degli spazi collettivi (uffici, scuole, sanità) e prevenzione waste</i>	X	X				
<i>Incentivare l'adattabilità funzionale e la reversibilità costruttiva</i>	X	X				
<i>Sviluppo di sistemi di prodotti-servizio sostenibili (Sustainable Product-Service Systems)</i>		X				
<i>Creazione di una rete di luoghi di raccolta diffusi per il conferimento dei rifiuti da C&amp;D</i>	X			X		
<i>Sviluppo e diffusione di sistemi digitali integrati per la condivisione delle informazioni tra gli attori della filiera e con gli utilizzatori</i>					X	X
<i>Sviluppo di prodotti innovativi con contenuto di riciclato certificati per il mercato pubblico e privato, in particolare da rifiuti da C&amp;D</i>	X	X	X	X		
<i>Introduzione sistematica della demolizione selettiva per incrementare la potenzialità di riciclo dei materiali presenti</i>	X	X				

#### 4.1 ZIN Project (Bruxelles)

Nel 2018 è stata avviata una nuovissima applicazione dei principi di circolarità nella ristrutturazione di due delle quattro torri del World Trade Centre di Bruxelles nel progetto ZIN, attualmente in costruzione. La buona pratica è stata promossa in un'attività di stakeholder engagement organizzata da ENEA all'interno di ECESP (Circular Talk, 2021), ed è stata illustrata da Drees and Sommer, una società di consulenza che si occupa in particolare dell'implementazione degli approcci progettuali e sistemi di certificazione denominati Cradle to Cradle (EPEA).

Un inventario dei materiali ha permesso di utilizzare diverse strategie come il riutilizzo, il riciclo e l'upcycle dei materiali e la loro certificazione in collaborazione con diversi attori del settore, garantendo che il 95% dell'esistente venga mantenuto, riutilizzato o riciclato, mentre il 97% dei nuovi materiali sia certificato Cradle to Cradle o equivalente (Fig. 1).

Il processo è stato supportato da EPEA e Drees and Sommer per tutto ciò che concerne la demolizione selettiva del calcestruzzo, il suo riciclo in loco e la produzione di aggregati riciclati per realizzare calcestruzzo certificato Cradle to Cradle da riutilizzare nel progetto di riqualificazione profonda delle torri, che ha visto l'introduzione di un mix funzionale prima non previsto.

Il progetto di adeguamento è stato quindi strutturato secondo i principi di modularità e decostruibilità, per massimizzare il recupero futuro.



Fig. 1. Recupero a ciclo chiuso del calcestruzzo nel progetto ZIN (Fonte: M. De Moradiellos, Drees and Sommer, ECESP Circular Talk 2021).

#### 4.2 Taisugar Circular Village (Taiwan)

Nella Shalun Smart Green Energy Science City a Taiwan, è stato realizzato uno dei primi «villaggi circolari» a livello globale, lo TaiSugar Circular Village (Bio-architecture Formosana, 2021), formato da tre blocchi di alloggi e una corte con spazi condivisi, colture acquaponiche, fitodepurazione, produzione di energia solare da BIPV (Building Integrated Photovoltaic). La buona pratica è censita nel database del Circular Taiwan Network.

Gli edifici sono stati progettati in ottica di circular design basandosi su un sistema modulare e prefabbricato sia per la struttura portante, sia per la costruzione della facciata, ricorrendo ad un sistema misto in acciaio e legno (X-lam), per rendere più efficienti l'assemblaggio e lo smontaggio (Fig. 2). Blocchi isolanti in vetro da LED riciclato sono stati impiegati rispettivamente per le facciate e per le partizioni interne.

La tecnologia BIM è stata applicata anche per integrare le informazioni sui materiali e sulla struttura

per facilitare il montaggio e lo smontaggio. Servirà come database dei materiali per future sostituzioni o riutilizzi, mediante il ricorso ai Material Passport (Fig. 3). Nell'ottica del costruito come «banca» di materiali da costruzione, grazie a sistemi di connessione reversibili e alla modularità dei componenti, Tra i materiali di recupero utilizzati vi sono componenti in legno ottenuti dallo smontaggio di edifici fatiscenti, riutilizzati per realizzare la struttura di uno dei padiglioni e binari ferroviari riutilizzati come recinzione.

Aspetto chiave per la buona pratica è quello della servitizzazione di parti dell'edificio. I blocchi ascensore, gli apparecchi di illuminazione, mobili e sanitari sono stati «affittati» anziché acquistati (*product as service*) (Fig. 4): l'approccio della servitizzazione, già sperimentato in alcuni progetti pionieri a partire dagli impianti di illuminazione, viene così esteso a diversi elementi tecnici dell'edificio, di cui si riesce ad assicurare una migliore manutenzione. Gli appartamenti sono affittati ai residenti a cui il gestore fornirà tutta la manutenzione necessaria, dall'edificio ai mobili, agli elettrodomestici. In questo modo, l'utente pagherà per usare e non per possedere. Inoltre, è stato introdotto il noleggio di auto, scooter e biciclette elettriche per i residenti.

Nel complesso, il Tait sugar Village rappresenta un esempio concreto di insediamento pienamente circolare (Fig. 5), in cui sia il flusso dei materiali da costruzione, sia quelli dell'energia, dell'acqua e del food sono gestiti in modo efficiente, closed-loop e locale.

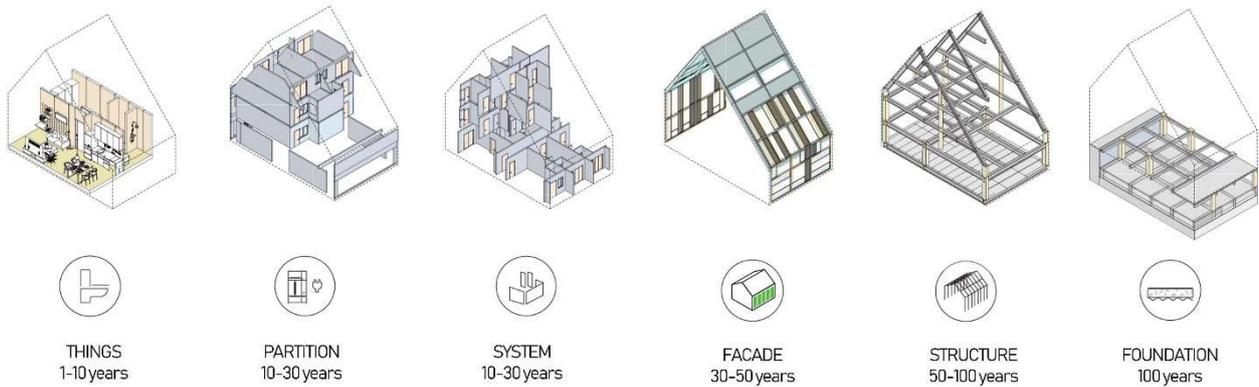


Fig. 2. Decostruibilità e temporalizzazione dei diversi elementi tecnici negli edifici del Tait sugar Village (Fonte : Bio-architecture Formosana).

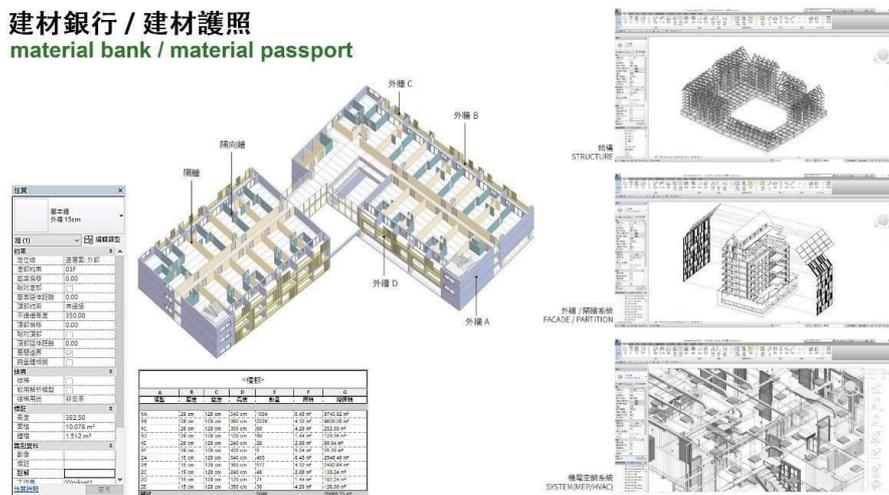


Fig. 3. Material passports dello Tait sugar (Fonte : Bio-architecture Formosana).

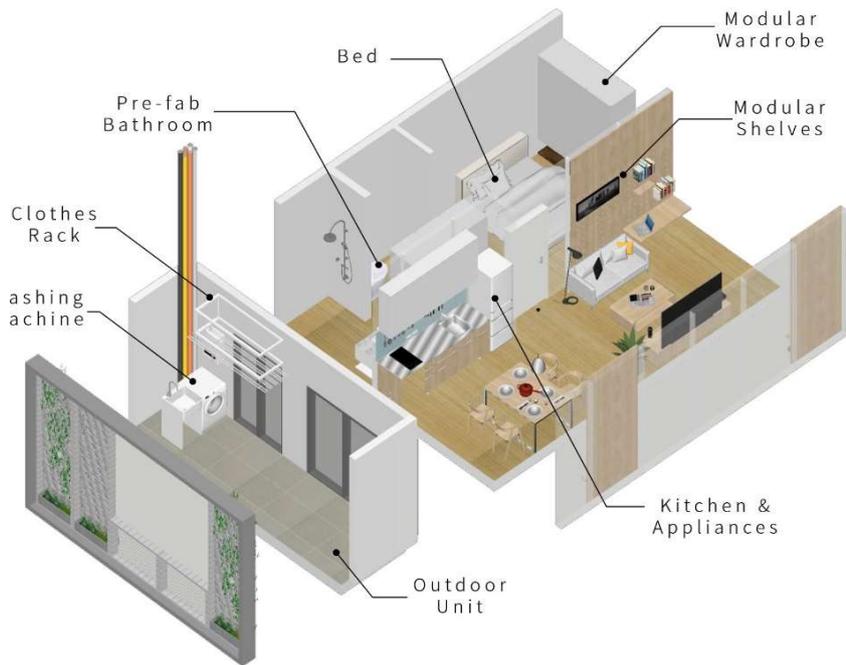


Fig. 4. Nucleo servizi prefabbricato e servitizzato (Fonte : Bio-architecture Formosana).



Fig. 5. Visione di insieme dello Tait sugar Village (Fonte : Bio-architecture Formosana).

#### 4.3 Ricehouse: materiali da costruzione a base di lolla e paglia di riso

L'azienda innovativa Ricehouse (presente nei database delle buone pratiche di ICESP ed ECESP) ha messo a punto un'innovazione di prodotto basata sulla valorizzazione di uno scarto di produzione della filiera del riso.

La produzione agricola primaria genera una notevole quantità di materiale secondario. La maggior parte di questa viene semplicemente gettata via, anche se in alcuni casi il materiale ha un valore di mercato intrinseco potenzialmente superiore ai costi associati alla gestione e al trattamento come rifiuto. La società Benefit Ricehouse valorizza i sottoprodotti della coltivazione del riso come la lolla e la paglia di riso, in una serie di prodotti innovativi per le costruzioni. Ricehouse ha industrializzato il processo di produzione di telai in legno e paglia precompressi per produrre case prefabbricate in paglia ad altissime

prestazioni energetiche e conformi agli standard passivi. In termini di sostenibilità, le case prefabbricate in legno e paglia garantiscono un comfort termico equilibrato basato su una fonte energetica minima, normalmente prodotta da fonti rinnovabili, senza la necessità di aggiungere un sistema di riscaldamento "convenzionale" e l'inutile consumo di combustibili fossili, evitando costosi allacciamenti alla rete di distribuzione elettrica.

Le case sono realizzate con lolla di riso e prodotti a base di calce. Le malte naturali di Ricehouse sono ottenute mescolando calce aerea e lolla o pula di riso. Le più interessanti sono utilizzabili come intonaci (Fig. 6) e valorizzano, anche esteticamente, la presenza delle fibre di scarto nel mix. Una delle miscele più innovative dell'azienda garantisce anche la possibilità di stampare in 3D costruzioni di grandi dimensioni (Fig. 7).



Fig. 6. Esempi di intonaci a base di calce e lolla/pula di riso di Ricehouse (Fonte: <https://www.ricehouse.it/prodotti/finiture/>).



Fig. 7. Progetto GAIA Ricehouse (Fonte: <https://www.ricehouse.it/storie/gaia/>).

#### 4.4 Produzione di calcestruzzi con contenuto di riciclato per il mercato italiano

La buona pratica, proveniente dal database ICESP, è riferita all'azienda italiana Italcementi, tra le prime grandi aziende nazionali ad aver attivato delle linee di produzione di calcestruzzi per l'edilizia, e non per le infrastrutture come di consueto, con mix che incorporano aggregati riciclati da recupero di rifiuti inerti da demolizione. La pratica di economia circolare messa in atto dall'azienda consiste nella produzione di calcestruzzo preconfezionato e di miscele da riempimento con parziale sostituzione degli aggregati naturali, che rappresentano uno dei principali costituenti del calcestruzzo, con aggregati riciclati da calcestruzzo di demolizione o materie prime secondarie di origine industriale (aggregati industriali) come, ad esempio, le scorie di acciaieria. I calcestruzzi prodotti raggiungono un contenuto totale di materiale riciclato variabile fra 8 e 15%. Le miscele da riempimento hanno un contenuto totale di materiale riciclato  $\geq 70\%$ . Nel periodo 2014-2019 l'azienda ha utilizzato circa 64.400 ton di aggregato riciclato da rifiuti C&D e circa 42.450 ton di aggregati industriali. Valutazione e certificazione degli impatti ambientali e delle percentuali di riciclati tramite studi LCA e dichiarazioni EPD (Dichiarazioni Ambientali di Prodotto di Tipo III).

#### 4.5 Piattaforma Madaster per la condivisione di informazioni sui materiali

Madaster, il "Catasto dei materiali" è la prima piattaforma che facilita la generazione e la registrazione centralizzata e standardizzata dei materiali. Standardizzata e basata sul web la generazione e la registrazione di materiali e prodotti applicati nel settore immobiliare e delle infrastrutture. È operativa in 5 Paesi europei e progetti registrati in tutto il mondo. La piattaforma Madaster genera e registra i passaporti dei materiali, dei prodotti, degli edifici e delle aree, fornendo un inventario dettagliato con informazioni su quantità, qualità e un inventario dettagliato con informazioni su quantità, qualità, dimensioni e ubicazione di tutti i materiali, i componenti e i prodotti tutti i materiali, i componenti e i prodotti utilizzati in uno specifico oggetto di costruzione. Inoltre, la piattaforma calcola una valutazione finanziaria (valore residuo attuale e futuro previsto dei materiali) e fornisce un valore residuo dei materiali) e fornisce una panoramica dell'impatto ambientale (indice di circolarità, embodied carbon). Il passaporto Madaster può essere adattato e arricchito nel tempo, fornendo un archivio dinamico di edifici e infrastrutture dinamico di dati su edifici e infrastrutture. L'insieme dei dati può essere "archiviato", di dati autenticati e datati che non possono più essere modificati.

#### 4.6 Piattaforma Concular per lo scambio di componenti di recupero

Concular è una piattaforma digitale (Fig. 8) che consente il ricircolo dei materiali da costruzione. La piattaforma si rivolge agli attori professionali dell'industria delle costruzioni, quali titolari di portafogli, sviluppatori di progetti, proprietari di edifici, produttori e studi di architettura.

Il software consente di digitalizzare i materiali degli edifici nuovi ed esistenti utilizzando la tecnologia AI, di misurare le emissioni di carbonio incarnato e di ridurle attraverso il ricircolo dei materiali di un edificio. Gli studi di architettura possono anche procurarsi materiali di recupero a basse emissioni di carbonio materiali riciclati a basse emissioni di carbonio utilizzando Concular.

Collegato a Concular è il marketplace restado.de che mette in contatto i materiali da costruzione provenienti da demolizione o dall'eccesso di offerta con la domanda di nuovi progetti di costruzione. La mission di Restado è di estendere il ciclo di vita dei materiali da costruzione, che vengono riutilizzati più volte. Sulla piattaforma è possibile trovare materiali da costruzione provenienti da smantellamento e di sovra-ordinazione. Il gruppo target di Restado è costituito principalmente da artigiani, piccole imprese edili e privati. privati del fai-da-te.

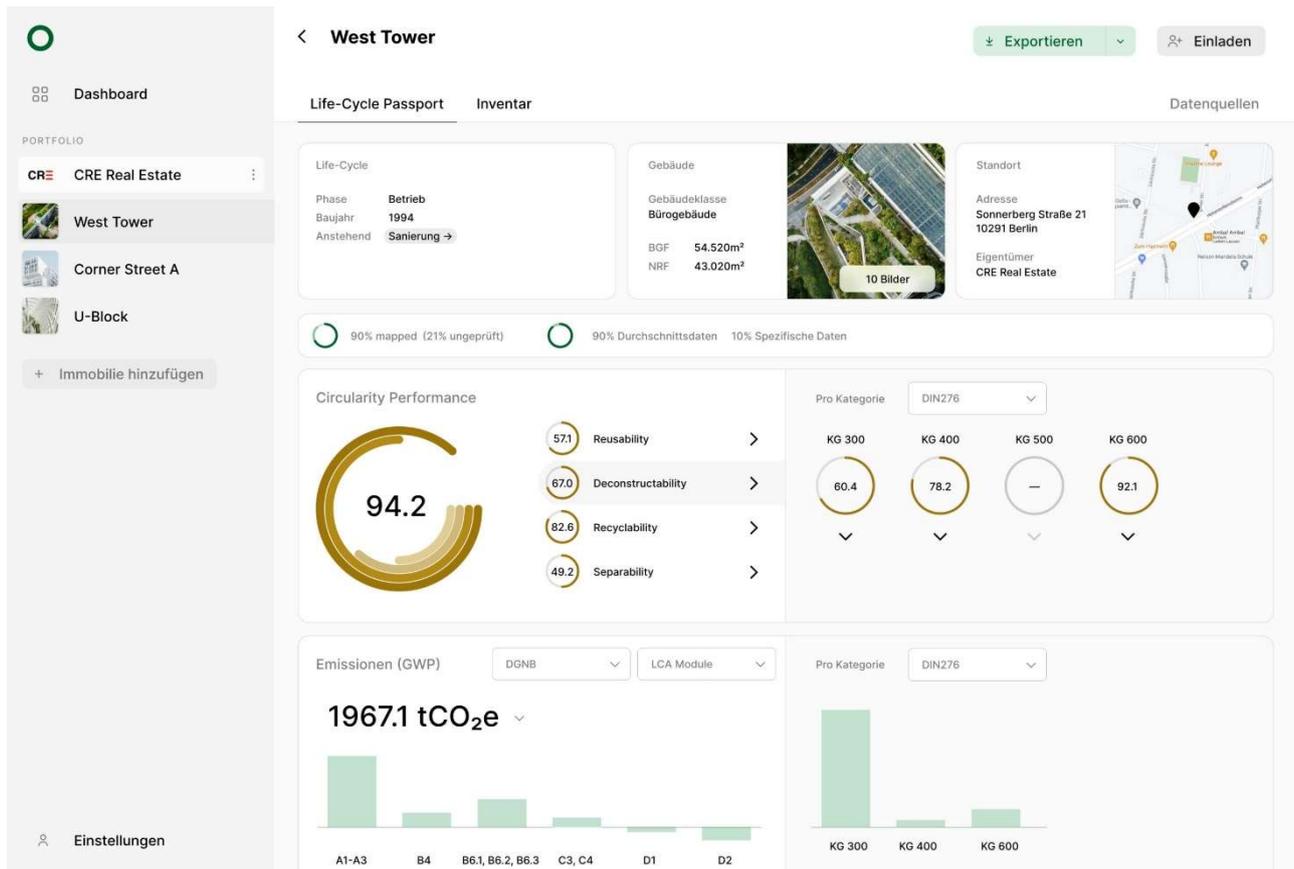


Fig. 8. Interfaccia della piattaforma Concular (Fonte: <https://concular.de/>).

## 5. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha l'obiettivo di presentare il contributo offerto dalle piattaforme collaborative nel processo di scale-up delle buone pratiche di circolarità per l'ambiente costruito quali strumenti per l'implementazione del modello della quintupla elica. I risultati mostrano come il confronto fra gli stakeholder a livello nazionale abbia permesso di individuare nove azioni strategiche che abbracciano le diverse tipologie di innovazione, spaziando da innovazioni di prodotto e processo a tipologie più "complesse" legate a innovazioni di modelli di consumo e di organizzazione, anche di filiera. Per ciascuna di queste azioni, sono state presentate alcune buone pratiche esemplificative, selezionate tra quelle censite nelle piattaforme collaborative esaminate (ICESP, ECESP, Holland Circular Hotspot, Circular Taiwan Network). Si tratta di casi di innovazione di prodotto, di processo e organizzativa, che mostrano come sia possibile applicare i principi dell'economia circolare all'ambiente costruito, con benefici in termini di efficienza delle risorse, riduzione dei rifiuti, qualità ambientale e competitività del settore. Gli esempi riportati esemplificano le azioni strategiche individuate e dimostrano come le piattaforme collaborative possano essere considerate dei contenitori di innovazione e di conoscenza per la transizione verso le costruzioni circolari. Il lavoro ha evidenziato come l'approccio della quintupla elica, basato sulla cooperazione tra istituzioni, università, industrie, società civile e ambiente naturale, possa favorire la creazione, la produzione, l'applicazione, la diffusione e l'utilizzo continuo della conoscenza e dell'innovazione, promuovendo l'eco-innovazione e l'eco-imprenditorialità nel settore delle costruzioni.

Alcuni limiti sono riscontrabili nel presente contributo: si basa su una metodologia qualitativa esplorativa basata sullo studio di casi multipli e sulla ricerca-azione partecipata, che non consente di generalizzare i risultati a livello statistico o di confrontare le diverse esperienze in modo sistematico.

Inoltre, il contributo analizza solo alcune buone pratiche selezionate tra quelle censite nelle piattaforme collaborative esaminate, che non sono esaustive di tutte le possibili soluzioni di circolarità applicabili al settore delle costruzioni. Tuttavia, le attività di ricerca in corso sono volte proprio ad ampliare la mappatura di buone pratiche riconducibili alle azioni strategiche identificate nella consultazione degli stakeholder avvenuta in ICESP, mediante un censimento più strutturato focalizzato su alcune specifiche tipologie di buone pratiche, e in particolare sulle piattaforme digitali che consentono al contempo la collaborazione tra i diversi attori, la tracciabilità dei componenti, la promozione di riuso e riciclo mediante la valorizzazione e la facilitazione dell'incontro tra domanda e offerta di materiali e componenti di recupero, e che si stanno dimostrando strategiche per lo scale-up delle buone pratiche di progetto circolare.

## ACKNOWLEDGEMENT

Il presente contributo riporta gli esiti di un'attività di ricerca congiunta tra gli autori e le relative istituzioni di appartenenza, nata nell'ambito delle attività della Piattaforma ICESP, Gruppo di Lavoro "Catene di valore sostenibili e circolari", sottogruppo di lavoro "Costruzioni e Demolizioni", coordinato da F. Ceruti e P. Altamura, e sviluppata in collaborazione con L. Cutaia, referente del Leadership Group ECESP "Construction and Infrastructure".

S. Baiani e P. Altamura hanno svolto le proprie attività di ricerca nell'ambito del Progetto PNRR, Spoke 1 (Digital Advanced Design: technologies, processes, and tools), Parteneriato Esteso PE11 (Made in Italy Circolare e Sostenibile) dal titolo "From waste to manufacturing: digital tools to establish virtuous cycles", P.I. Prof. Lorenzo Imbesi, Dipartimento PDTA, "Sapienza" Università di Roma.

P. Altamura partecipa alle attività di ricerca in veste di Ricercatore tdA PON (DM 1062/2021) sul progetto "Clima, tecnologie green e comunità circolari. Progettazione di modelli insediativi innovativi secondo il 'Green Building Approach' ai fini della mitigazione dei cambiamenti climatici e della riduzione dei loro impatti, attraverso la gestione sostenibile di tecnologie e risorse" (2021-2024), Referente Scientifico Prof. F. Tucci, Dipartimento PDTA, "Sapienza" Università di Roma.

## REFERENCES

- Adams, K. T., Osmani, M., Thorpe, T., & Thornback, J. (2017, February). Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management* (Vol. 170, No. 1, pp. 15-24). Thomas Telford Ltd.
- Agyekum, K., & Amudjie, J. (2024). Challenges to implementing circular economy: empirical evidence among built environment firms in Ghana. *International Journal of Construction Management*, 24(3), 281-297.
- Altamura P., Ceruti F., Nobili C., Barberio G., De Carolis R. et al. (2020), "Il settore Costruzione & Demolizione", in Altamura P., Ceruti F., Nobili C., De Carolis R., Barberio G., Palumbo L. (a cura di) *L'economia circolare nelle filiere industriali: i casi Costruzione & Demolizione (C&D) e Agrifood*, pp. 27-74, DOI 10.12910/DOC2020-010. <https://www.icesp.it/sites/default/files/DocsGdL/L'economia%20circolare%20nelle%20filieri%20industriali%20i%20casi%20Costruzione&Demolizione%20e%20Agrifood.pdf>
- Baiani S., Altamura P., 2022. Reusable cities: a circular design approach to urban regeneration through materials reuse. In: Alessandra Battisti, Serena Baiani. Sustainable Development Dimensions and Urban Agglomeration. Intechopen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105219> ISBN: 9781839695612.
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 1(1), 41-69.
- Circular Taiwan Network, 2024: <https://circular-taiwan.org/en/case/>.

- Cutaia, L., Altamura, P., Ceruti, F., Cellurale, M., Corrado, S., De Marco, E., ... & EEB, D. S. (2022). A two-year stakeholders' consultation on the construction and infrastructure value chains. Output Paper of the activities coordinated by ENEA in 2020-2021
- ECESP, Circular Talk 2021, <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/news-and-events/all-events/construction-and-infrastructure-value-chains-and-market>
- ECESP (2021). Circular Buildings and Infrastructure. State of play Report ECESP Leadership Group on Buildings and Infrastructure [Brochure]. [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular\\_buildings\\_and\\_infrastructure\\_brochure.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_buildings_and_infrastructure_brochure.pdf)
- Harwiki, W., & Malet, C. (2020). Quintuple helix and innovation on performance of SMEs within ability of SMEs as a mediator variable: A comparative study of creative industry in Indonesia and Spain. *Management Science Letters*, 10(6), 1389-1400.
- Holland Circular Hotspot, 2022: <https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2022/10/NL-Branding-Circular-Buildings-v13.pdf>
- How not to demolish a building, Ruby Press, 2023
- Papastamoulis, V., London, K., Feng, Y., Zhang, P., Crocker, R., & Patias, P. (2021). Conceptualising the circular economy potential of construction and demolition waste: An integrative literature review. *Recycling*, 6(3), 61.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). A theoretical framework for circular economy research in the built environment. *Building Information Modelling, Building Performance, Design and Smart Construction*, 31-44.
- Suwal, S., Laukkanen, M., Jäväjä, P., Häkkinen, T., & Kubicki, S. (2019, August). BIM and Energy Efficiency training requirement for the construction industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 297, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- Yu, Y., Yazan, D. M., Junjan, V., & Iacob, M. E. (2022). Circular economy in the construction industry: A review of decision support tools based on Information & Communication Technologies. *Journal of cleaner production*, 349, 131335.
- United Nations Environment Programme. (2021). Global status report for buildings and construction. *Global Alliance for Building and Construction*.