

Borse di dottorato di ricerca finanziate da Regione Lombardia nell'ambito dell'Accordo di collaborazione con ENEA/Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo sostenibile (DGR n. 7792 del 17/01/2018 e 5321 del 4/10/2021).

POLITECNICO DI MILANO

Dottorato in: Ingegneria Ambientale e delle Infrastrutture

Federica Carla Carollo: Circolarità nella filiera della gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione

Abstract

Il progetto di dottorato nasce da un accordo di collaborazione tra Regione Lombardia, ENEA e Politecnico di Milano. I risultati forniscono uno studio completo sugli impatti economici e ambientali dell'intera filiera di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) in Lombardia. L'obiettivo è stato raggiunto implementando la metodologia del Full-Environmental Life Cycle Costing (feLCC), che allinea la metodologia del Life Cycle Costing (eLCC) a quella del Life Cycle Assessment (LCA) attraverso la monetizzazione degli impatti ambientali. Sulla base dei risultati ottenuti, è stato possibile proporre un set di incentivi a favore delle piccole e medie imprese (PMI) per l'esecuzione di opere di demolizione privata così da rilanciare la filiera, attualmente bloccata, e favorirne la circolarità. I rifiuti C&D rappresentano il 45,5% della produzione totale di rifiuti speciali in Italia. Tuttavia, sebbene il tasso di recupero si attesti al 78,1% (ISPRA 2021), sono numerose le barriere normative, economiche, tecniche e culturali che impediscono l'uso diffuso degli aggregati riciclati (AR) prodotti dalle attività di riciclaggio dei rifiuti C&D. La presenza di impurità negli AR e la difficoltà nel garantirne una produzione costante ne precludono l'impiego nel calcestruzzo strutturale. Per produrre AR di alta qualità, bisogna che i rifiuti in ingresso in impianto di trattamento siano il più omogenei possibile e, per tale motivo, i materiali necessitano una corretta cernita già in fase di demolizione, una pratica attualmente poco diffusa in Italia e motivo per il quale andrebbe incoraggiata la demolizione selettiva. La prima fase di ricerca, mirata all'applicazione dell'eLCC, è stata eseguita con lo scopo di indagare i costi sostenuti relativi a tutte fasi di gestione dei rifiuti inerti provenienti dalle attività di demolizione, dalla loro generazione, alla fase di trattamento in un impianto di riciclo, fino al ricollocamento sul mercato come AR. L'inventario, implementato per ogni singolo processo, è stato costruito sulla base di 9 casi studio reali (7 casi di demolizione selettiva e 2 di riciclo inerti da C&D) ottenuti tramite l'invio di questionari alle imprese di demolizione e agli impianti di riciclo. Sotto gli stessi confini del sistema è stato successivamente condotto lo studio di LCA. Il Life Cycle Inventory è stato sviluppato utilizzando i dati relativi al consumo di gasolio, acqua ed energia, la tipologia e le quantità di rifiuti in uscita dal sito di demolizione per il riciclaggio/discarda e/o il riutilizzo in situ e le distanze di trasporto per il conferimento. Il modello è stato sviluppato sul software SimaPro 9.3 e sono state analizzate 16 categorie di impatto con il metodo di caratterizzazione Environmental Footprint 3.0. L'unione tra eLCC e LCA è avvenuta attraverso il processo di monetizzazione degli impatti ambientali. Sono stati selezionati quattro diversi metodi di monetizzazione secondo i quali sono stati calcolati gli impatti monetizzati moltiplicando l'indicatore di impatto ambientale per il fattore di monetizzazione riportato nel metodo di riferimento. L'feLCC è stato infine ottenuto incrementando il valore finale dell'eLCC con l'impatto monetizzato. A valle dei risultati ottenuti sono stati definiti i meccanismi di incentivazione per favorire la demolizione selettiva e l'utilizzo degli aggregati riciclati. Sono state individuate le voci di costo sulle quali è possibile applicare uno sconto sul costo sostenuto dalle imprese di demolizione e dagli impianti di riciclo e i destinatari di tali incentivi (le PMI per l'esecuzione di lavori privati). È stata infine eseguita un'analisi di fattibilità sull'applicazione degli incentivi sopra descritti applicandoli a casi studio reali e ipotizzando di stanziare fondi regionali funzionali allo scopo. In conclusione, sebbene siano state affrontate molte sfide nella raccolta dei dati, il feLCC si è rivelato uno strumento utile all'identificazione delle criticità di una catena del valore come quella dei rifiuti C&D. Utilizzando i dati disponibili, è stato possibile valutare tutti i costi interni ed esterni della catena di gestione e, di conseguenza, sviluppare alcune proposte per stimolare il mercato degli AR. Sono state formulate raccomandazioni per gli operatori del settore su come gestire al meglio la demolizione selettiva e quali sono i flussi di rifiuti separabili che portano maggiori benefici sia in termini economici che ambientali. È stato infine definito un insieme di incentivi utilizzabili direttamente dalle pubbliche amministrazioni a favore delle PMI nella realizzazione di opere private.

Pubblicazioni

- Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L. (2021). *“Life cycle costing of construction and demolition waste management chain”*. Sidisa2021 - XI International symposium on environmental engineering, Torino, 29 June – 2 July 2021. N. 55, pp. 1-6.
- Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L. (2021). *“LCC analysis of construction and demolition waste management chain”*. 7th International Conference on Industrial & Hazardous Waste Management – Crete2021, 27-30 July 2021, Chania (Crete – Greece). ISSN: 2241-3146. Pp. 1-6.
- Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L., 2022. *“Life cycle costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione”*. Atti del X Convegno dell’Associazione Rete Italiana LCA: Innovazione e circolarità - il contributo del Life Cycle Thinking nel Green Deal per la neutralità climatica, pubblicato da Associazione Rete Italiana LCA, ISBN: 9791221004564, pp. 146-153 (convegno 22-24/9/2021 Reggio Calabria).
- Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L., 2022. *“Economic evaluation of the construction and demolition waste management chain through the life cycle costing methodology”*. Proceedings SUM2022 6th symposium on circulareconomy and urbanmining (Capri,18-20 May 2022).Cisapublisher. Number 1792,Pp. 1-7. ISBN: 9788862650274.
- Carollo F., Ceruti F., Scalbi S., Rigamonti L., 2021. *“Il Life Cycle Costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione edemolizione”*. Deliverable per il progetto ARCADIA di ENEA.

Convegni

- “Life Cycle Costing approach for construction and demolition waste management chain: methodology of data collection and organization” during “SUM 2020 / 5th symposium on urban mining and circular economy”, 18-20 November 2020 – online event
- “Sistemi e opportunità del processo di demolizione selettiva - Eco-progettazione e modelli di business circolari e collaborativi - Edilizia” within the cycle “Lombardia Circolare” - Camera di Commercio di Milano Monza-Brianza Lodi (online) - 16 December 2020
- “Analisi LCC della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione” during “Giornata di studio Rifiuti e Life Cycle Thinking 5° edizione” – 9 March 2021 – Online event
- “Economic evaluation of circular schemes for managing Construction and Demolition waste” during “EM4SS’21 Conference - Engineered Materials for Sustainable Structures”, 26 - 28 April 2021 - online event
- “Progetto Arcadia: l’applicazione LCC alle PA e la Banca dati Italiana LCA” in collaboration with ENEA during “Forum PA” 24 June 2021 – online event
- “Construction and demolition waste management from the perspective of circular economy”, during “SIDISA 2021 – XI international symposium on environmental engineering” 29 June/2 July 202 – Torino
- “LCC analysis of construction and demolition waste management chain”, during “CRETE 2021 – 7th International Conference on Industrial & Hazardous Waste Management”, 27-30 July 2021 – online event
- “Life Cycle Costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione” during “X Convegno Dell’associazione Rete Italiana LCA”, 22-24 September 2021 – Reggio Calabria
- “Economic evaluation of the construction and demolition waste management chain through the Life Cycle Costing methodology” during “SUM2022 – Sixth symposium on circular economy and urban mining”, 18-20 May 2022 – Capri
- “Full Environmental Life Cycle Costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione” during “Approccio Life Cycle Thinking: sviluppi metodologici e strumenti” Webinar organised by Gruppo DIRE – Associazione Rete Italiana LCA, 14 July 2022 – Online
- “I principi di economia circolare applicati agli edifici” during “Edifici sostenibili: riduzione dei consumi ed economia circolare”, 12 October 2022 – Milano
- “Analisi LCC della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione” during “Valorizzazione dei rifiuti da costruzione e demolizione e buone pratiche di economia circolare”, 14 October 2022 - Milano
- “Circularity in the construction and demoliton waste management chain” during “Dottorati di ricerca e opportunità di finanziamento: collaborazione tra università, ENEA e Aziende”, Brescia, 17/11/2022, organised by ENEA and Università degli Studi di Brescia in collaboration with Regione Lombardia and CSMT.

<https://www.openinnovation.regione.lombardia.it/it/iniziative/accordo-di-collaborazione-con-enea>