

Approccio "Proxy-Based LCA" integrato con la metodologia MBSE per la progettazione circolare del prodotto industriale

Wednesday 2 September 2026 18:00 (15 minutes)

L'implementazione dei principi dell'economia circolare nello sviluppo del prodotto industriale si pone come odierna risposta al degrado ambientale e ai cambiamenti climatici e necessita di istruire metodologie efficaci e quantitative da affiancare a quelle tradizionalmente applicate nell'ingegneria. Il Model-Based Systems Engineering (MBSE) ha raggiunto la maturità necessaria, un adeguato supporto di normative tecniche ed è concepito in forma ampiamente modulare per permettere questa integrazione tra sostenibilità, rigenerazione e digitalizzazione del processo di progettazione. Oggetto del lavoro è l'integrazione tra progettazione circolare e MBSE. Essa parte dalla necessità di configurare l'ambiente come "stakeholder" obbligatorio di tutto il processo. Si avvale di strumenti di tipo qualitativo come la ruota "LIDS" definita in letteratura e le "eco-checklist", specie per la definizione dei requisiti di progetto ecocompatibili, ma poi affronta e implementa tecniche di riciclo (recycling), riuso (reuse), riprocessamento (remanufacturing) e di aggiornamento tecnologico del prodotto (refurbishment) per l'estensione della sua vita utile. Il fulcro del metodo proposto è l'utilizzo dell'analisi di "Life Cycle Assessment (LCA)" in fase di concezione di prodotto, sulla base di una proiezione dei dati necessari per la sua implementazione derivati da prodotti simili e precedenti, per supportare fin dall'avamprogetto l'esigenza di prevedere la rigenerazione circolare. In questo senso essa è indicata come "proxy-based". Questo permette al progettista di rendere quantitative alcune valutazioni comparative tra le soluzioni proposte e operare una scelta motivata, per cui la LCA supporta la definizione quantitativa delle prestazioni in termini di ecocompatibilità, mentre il processo MBSE guida il percorso decisionale. Come esempi applicativi, per descrivere pragmaticamente le procedure proposte, sono considerati il caso della rigenerazione di pannelli fotovoltaici e di motori a combustione interna. Essi esemplificano il processo proposto e dimostrano l'efficacia nella valutazione preventiva delle reali potenzialità di riutilizzo e di riciclo dei materiali, come i benefici in termini relativi di costo/efficacia del riprocessamento e dell'aggiornamento tecnologico. Tra i risultati salienti del lavoro si rileva l'aspetto metodologico, che consiste nella dimostrazione che l'anticipazione delle valutazioni di ecocompatibilità dalla fase inoltrata dello sviluppo, in cui il prodotto è già definito nelle sue parti e nei materiali, alla fase di definizione e progettazione preliminare è fattibile. Si ha, inoltre, una misura di quanto essa comporti una selezione dei materiali e dei componenti molto più efficace e compatibile con i tempi e i costi di immissione sul mercato. Dal punto di vista del processo, il lavoro dimostra come questo approccio permetta di definire tecniche e strumenti di monitoraggio della vita utile da includere nel sistema, per poi operare la rigenerazione a fine vita. Dal punto di vista tecnologico, il lavoro dimostra la possibilità di utilizzare software e strumenti MBSE per supportare le specifiche azioni progettuali inerenti sostenibilità e rigenerazione. Per contro, le limitazioni e le criticità dell'approccio in tema di reperimento di informazioni per via "proxy-based" sono scontornate e quantificate, peraltro dimostrando che non sono tali da renderlo inefficace o impraticabile, come potrebbe apparire, essendo basato su proiezioni da verificare a posteriori, ma praticabile a tutti gli effetti con la quantità di dati oggi disponibili sui prodotti, che portano a proiezioni essenzialmente verosimili.

Primary author: Prof. GASTALDI, CHIARA (POLITECNICO DI TORINO)

Co-author: BRUSA, Eugenio (Politecnico di Torino - Dip. Ingegneria meccanica e aerospaziale)

Presenter: Prof. GASTALDI, CHIARA (POLITECNICO DI TORINO)

Session Classification: Circular Design

Track Classification: Circular Design