

Muhammad Asees Awan

Sintesi delle evidenze derivanti dalla valutazione del ciclo di vita per le tecnologie energetiche sostenibili

Life Cycle Assessment Evidence Synthesis for Sustainable Energy Technologies

1. Introduzione

La valutazione del ciclo di vita (LCA) viene utilizzata per valutare i compromessi ambientali lungo l'intero sistema di un prodotto, anziché concentrarsi esclusivamente sulla fase di utilizzo. Ciò è particolarmente importante per le tecnologie di decarbonizzazione, poiché gli oneri possono spostarsi a monte, verso l'estrazione dei materiali, la produzione, la fornitura di energia elettrica e il trattamento a fine vita (ISO,2006).

1. Introduction

Life Cycle Assessment (LCA) is used to evaluate environmental trade-offs across entire product systems rather than focusing only on the use phase. This is especially important for decarbonization technologies because burdens may shift upstream to material extraction, manufacturing, electricity supply, and end-of-life treatment (ISO,2006).

Obiettivo: Questo studio sintetizza le evidenze LCA pubblicate su riviste specializzate relative a due distinti ambiti tecnologici – le batterie elettriche e la gassificazione della biomassa – per identificare in che modo le scelte metodologiche influenzano la comparabilità e l'interpretazione dei risultati.

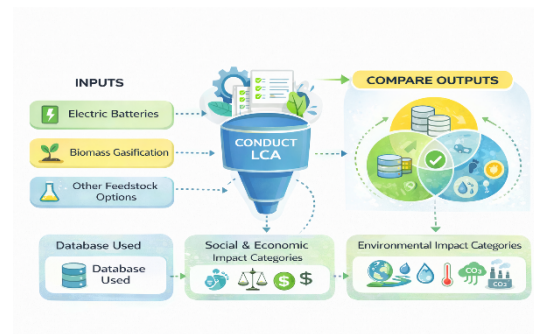
Objective: This study synthesizes peer-reviewed LCA evidence on two distinct technology domain i.e., electric batteries and biomass gasification—to identify how methodological choices shape comparability and interpretation of results.

2. Metodologia

È stata condotta una revisione sistematica strutturata della letteratura scientifica, basata su studi sottoposti a revisione paritaria, utilizzando Scopus e Web of Science come database principali. La selezione si è concentrata su studi con sufficiente trasparenza metodologica per classificare e confrontare le principali scelte di progettazione dell'analisi del ciclo di vita (LCA). La revisione ha categorizzato le evidenze in base al tipo di tecnologia, al confine del sistema, all'unità funzionale, all'applicazione settoriale, alla scelta del database e alle dimensioni di sostenibilità selezionate. La logica di selezione è illustrata dal diagramma a imbuto riportato di seguito.

2. Methodology

A structured systematic literature review was applied to peer-reviewed studies, with Scopus and Web of Science used as the core databases. Screening focused on studies with sufficient methodological transparency to classify and compare key LCA design choices. The review categorized evidence by technology type, system boundary, functional unit, sectoral application, database choice, and selected sustainability dimensions. The screening logic is illustrated through the funnel approach shown below.



3. Risultati

Le evidenze relative all'analisi del ciclo di vita (LCA) delle batterie sono dominate da applicazioni orientate al trasporto, con una forte sensibilità alla composizione chimica, al mix energetico di produzione e alla selezione delle unità funzionali. Le evidenze relative alla gassificazione sono in gran parte orientate all'energia e rimangono sensibili alle ipotesi sulle materie prime, al trattamento dei sottoprodotti e ai confini del sistema.

3. Results

Battery LCA evidence is dominated by transport-oriented applications, with strong sensitivity to chemistry, manufacturing electricity mix, and functional unit selection. Gasification evidence is largely energy-oriented and remains sensitive to feedstock assumptions, co-product treatment, and system boundaries.

4. Discussione

Sebbene le batterie elettriche e la gassificazione della biomassa rappresentino ambiti tecnologici distinti, entrambe dimostrano la stessa lezione metodologica: le affermazioni di sostenibilità sono valide solo nella misura in cui lo è il modello del ciclo di vita utilizzato per generarle. Per le batterie, le ipotesi relative alla produzione e alla fabbricazione dei materiali a monte rimangono determinanti. Per la gassificazione, la logistica delle materie prime, la domanda di energia ausiliaria e la gestione dei sottoprodotti spesso determinano la direzione e l'entità degli impatti ambientali.

4. Discussion

Although electric batteries and biomass gasification are distinct technology domains, both demonstrate the same methodological lesson: sustainability claims are only as robust as the life-cycle modeling framework used to generate them. For batteries, upstream material production and manufacturing assumptions remain decisive. For gasification, feedstock logistics, auxiliary energy demand, and co-product handling often determine the direction and magnitude of environmental outcomes.

5. Conclusioni

Concludiamo che una strategia di valutazione armonizzata è pertanto essenziale per il benchmarking futuro. Unità funzionali coerenti, confini di sistema trasparenti, set di dati comparabili e un'analisi di sensibilità esplicita possono migliorare il confronto e la rilevanza decisionale.

5. Conclusion

We conclude that a harmonized assessment strategy is therefore essential for future benchmarking. Consistent functional units, transparent system boundaries, comparable datasets, and explicit sensitivity analysis can improve comparison and decision relevance.