
QUADRO DI RIFERIMENTO PER LA VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA (LCA) DEGLI EDIFICI: METODI, STRUMENTI E CRITICITA' PER L'ANALISI IN FASE DI PROGETTO

C. PACCHIEGA⁽¹⁾, A. MARCAZZANI⁽²⁾

Riferimenti legislativi

Decreto 23 GIUGNO 2022, Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi.

- CAP. 4 Criteri per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi

4.3 Criteri premianti

4.3.1 Metodologie di ottimizzazione delle soluzioni progettuali per la sostenibilità (LCA e LCC)

Viene attribuito un punteggio premiante all'operatore economico che presenta un progetto migliorativo, dal punto di vista delle prestazioni ambientali ed economiche rispetto al progetto proposto a base gara.

Il miglioramento è comprovato da uno studio LCA (UNI EN 15643, UNI EN 16798) e uno studio LCC (UNI EN 15643, UNI EN 16627)

Riferimenti legislativi

Decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36 Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici come integrato e modificato dal decreto legislativo 31 dicembre 2024, n. 209

- Allegato I.7, Art. 11 Relazione di sostenibilità dell'opera (PFTE)

Stima della Carbon Footprint dell'opera in relazione al ciclo di vita e il contributo al raggiungimento degli obiettivi climatici

Stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e gli standard internazionali (Life Cycle Assessment – LCA), con particolare riferimento alla definizione e all'utilizzo dei materiali da costruzione ovvero dell'identificazione dei processi che favoriscono il riutilizzo di materia prima e seconda riducendo gli impatti in termini di rifiuti generati

Casi di studio



Palazzetto dello Sport
Comune di Casalmaggiore (CR)



Pista di atletica e ambienti di
servizio all'attività sportiva
Comune di Reggio Emilia

Casi di studio

- Sup. climatizzata 2.000 m²
- Palestra doppio volume 1.300 m²
- Blocco servizi 700 m²
- $S/V = 0,34$
- Involucro palestra: prefabbricato in c.a. e cappotto
- Involucro blocco servizi: telaio c.a. e tamponamenti in laterizio e cappotto
- Edificio nZEB
- $QR_w = 75 \% > 55 \%$
- $QR_{w,H,C} = 57 \% > 55 \%$

DDUO 18 Dicembre 2019 n. 18546
DLgs 3 marzo 2011, n. 28

- Impianto tutt'aria palestra
- Ventilconvettori & aria primaria blocco servizi
- Sottosistema di generazione del calore combinato per ACS e riscaldamento: pompa di calore aria-acqua e scambiatore da centrale termica esistente (caldaie a gas metano)
- Impianto fotovoltaico 50,4 kW > 49,8 kW

Casi di studio

- Sup. climatizzata c.a. 900 m²
- ZONA 1: E.6 (2) Palestra, spogliatoi
- ZONA 2: E.6 (3) Ristoro, servizi per il pubblico
- Struttura in c.a. a telaio e setti controterra + cappotto
- $S/V = 0,58$
- Edificio nZEB
- $QR_W = 79 \% > 66 \%$
- $QR_{W,H,C} = 67 \% > 66 \%$

DGR 22 Luglio 2022 n. 1261

Casi di studio

- ZONA 1: radiatori e aria primaria negli spogliatoi, tutt'aria palestra. Generazione combinata del calore per riscaldamento e ACS e batterie UTA: pompa di calore aria-acqua
- ZONA 2: climatizzazione con sistema VRF, produzione ACS con accumuli in pompa di calore
- Impianto fotovoltaico 73,96 kW > 71,29 kW

ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA)

LCA: Che cos'è una LCA?

UNI EN ISO 14040:2021

Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro

UNI EN ISO 14044:2021

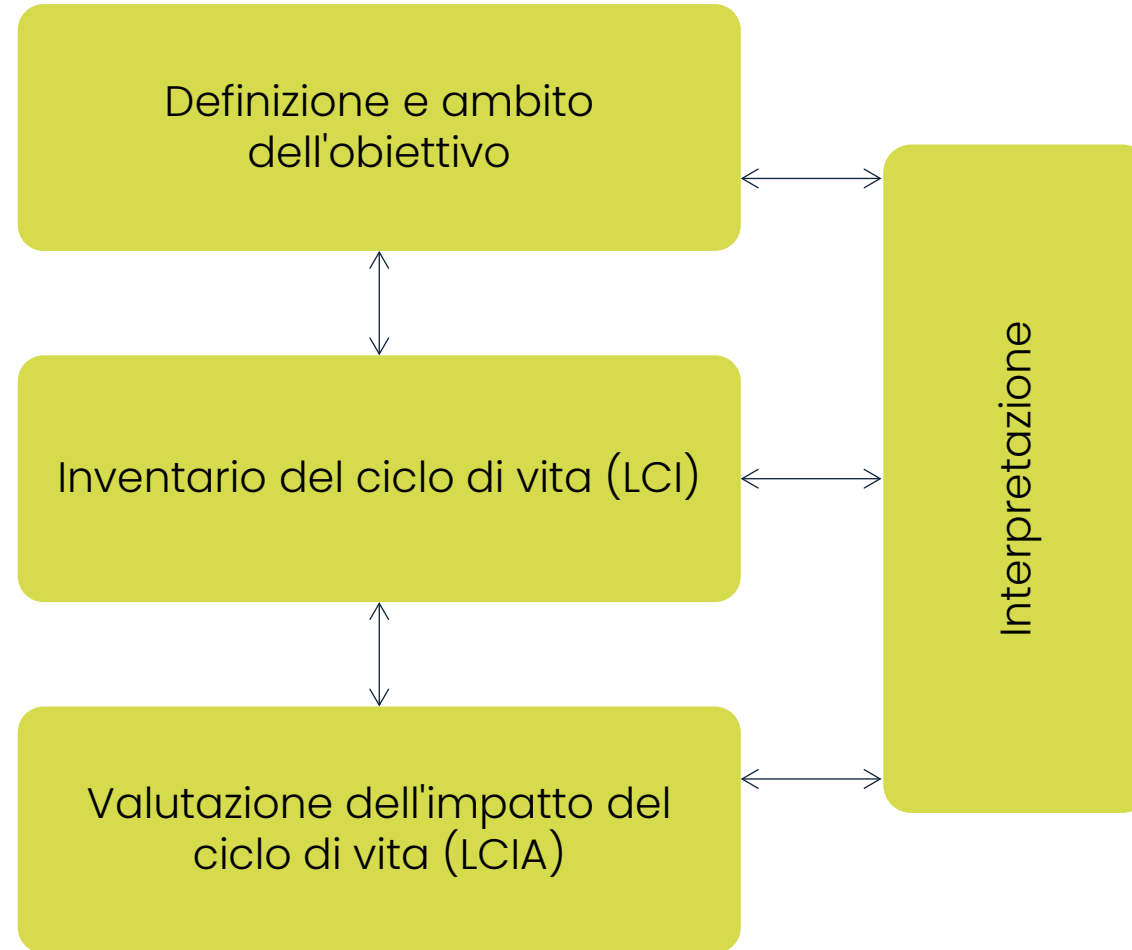
Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida

UNI EN 15978:2011

Sostenibilità delle opere di costruzione – Valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici – Metodo di calcolo

La valutazione del ciclo di vita (LCA) è una metodologia per valutare gli impatti ambientali associati a un prodotto, processo o servizio durante il suo intero ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento finale, tenendo conto dell'uso delle risorse e delle emissioni nell'ambiente.

LCA: Quali sono le fasi principali?



LCA: le fasi principali



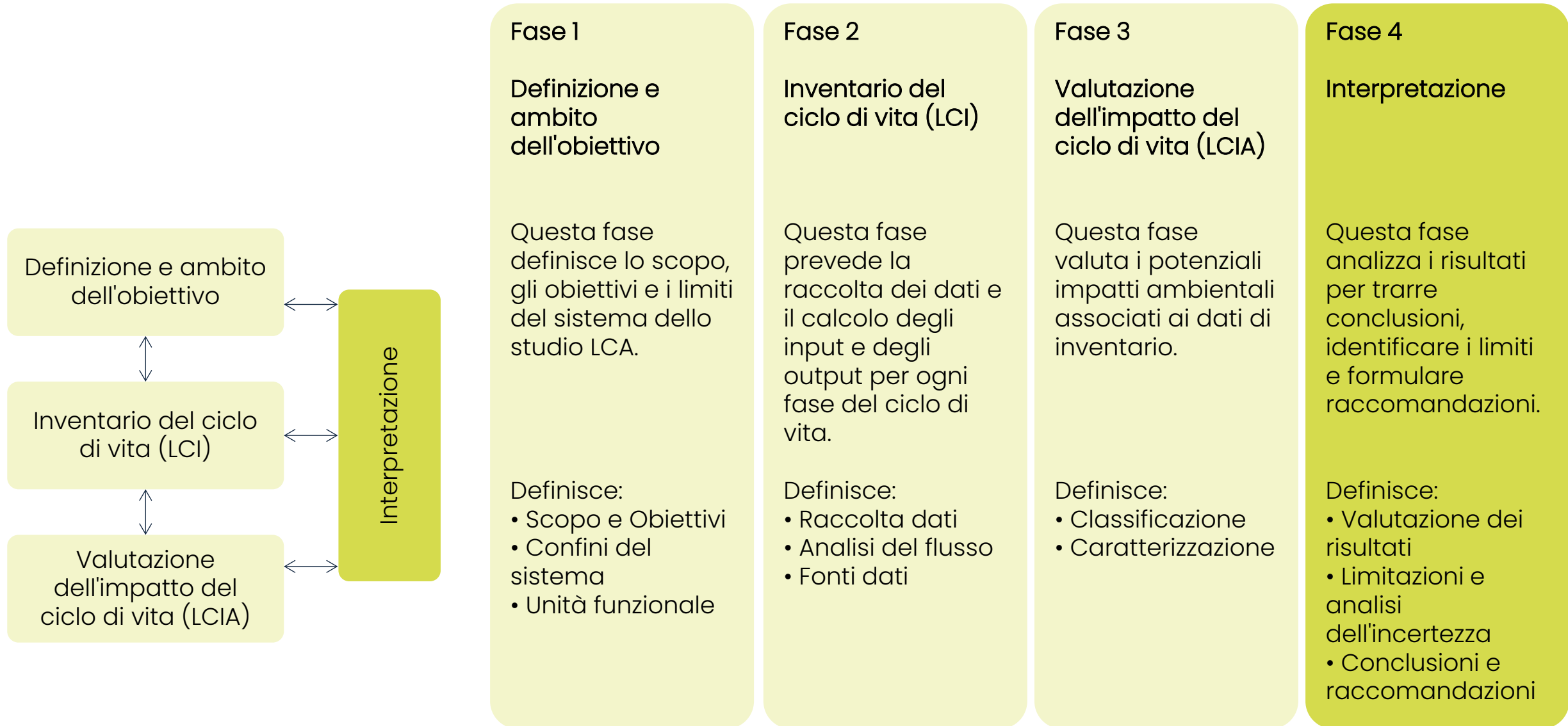
LCA: le fasi principali



LCA: le fasi principali



LCA: le fasi principali

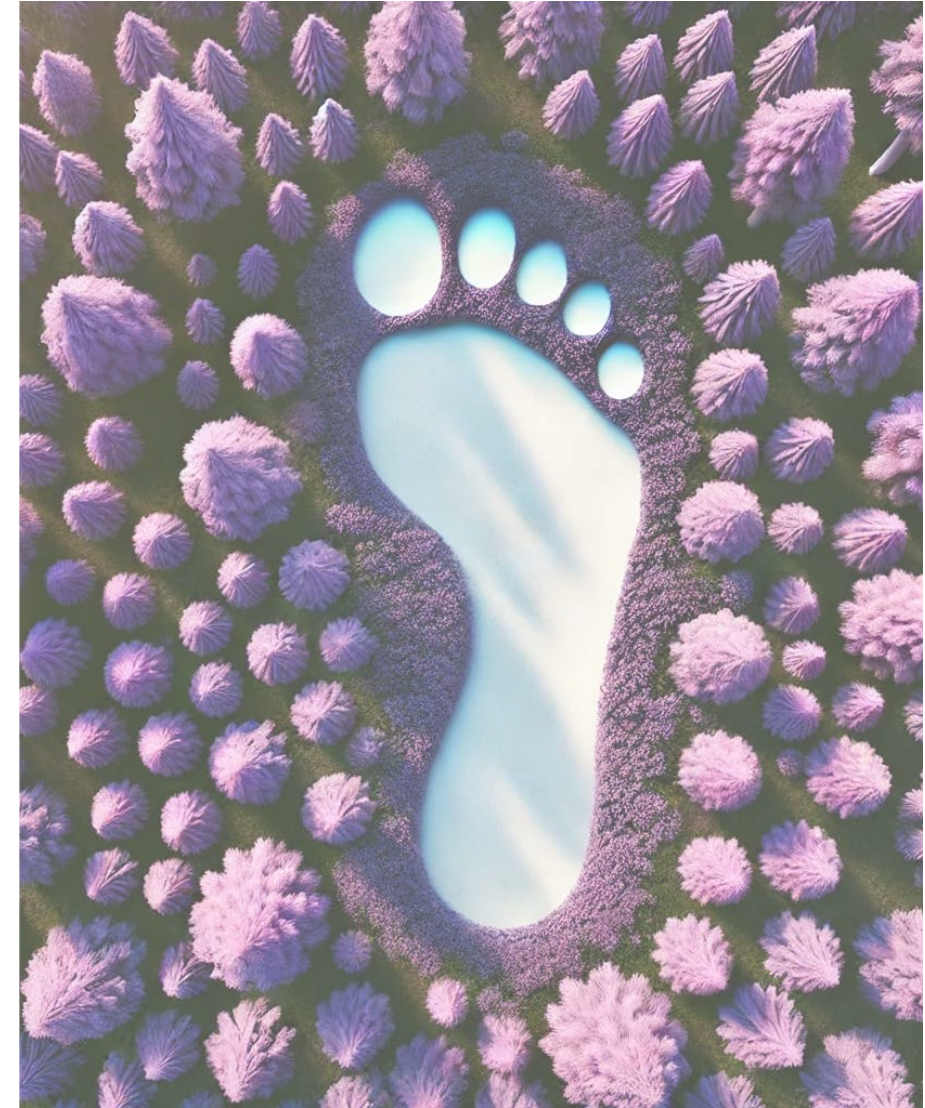


Impronta di carbonio

L'impronta di carbonio è una misura delle emissioni totali di gas serra (GHG) direttamente e indirettamente associate a un prodotto, processo o organizzazione, espressa in anidride carbonica equivalente (CO_2e).

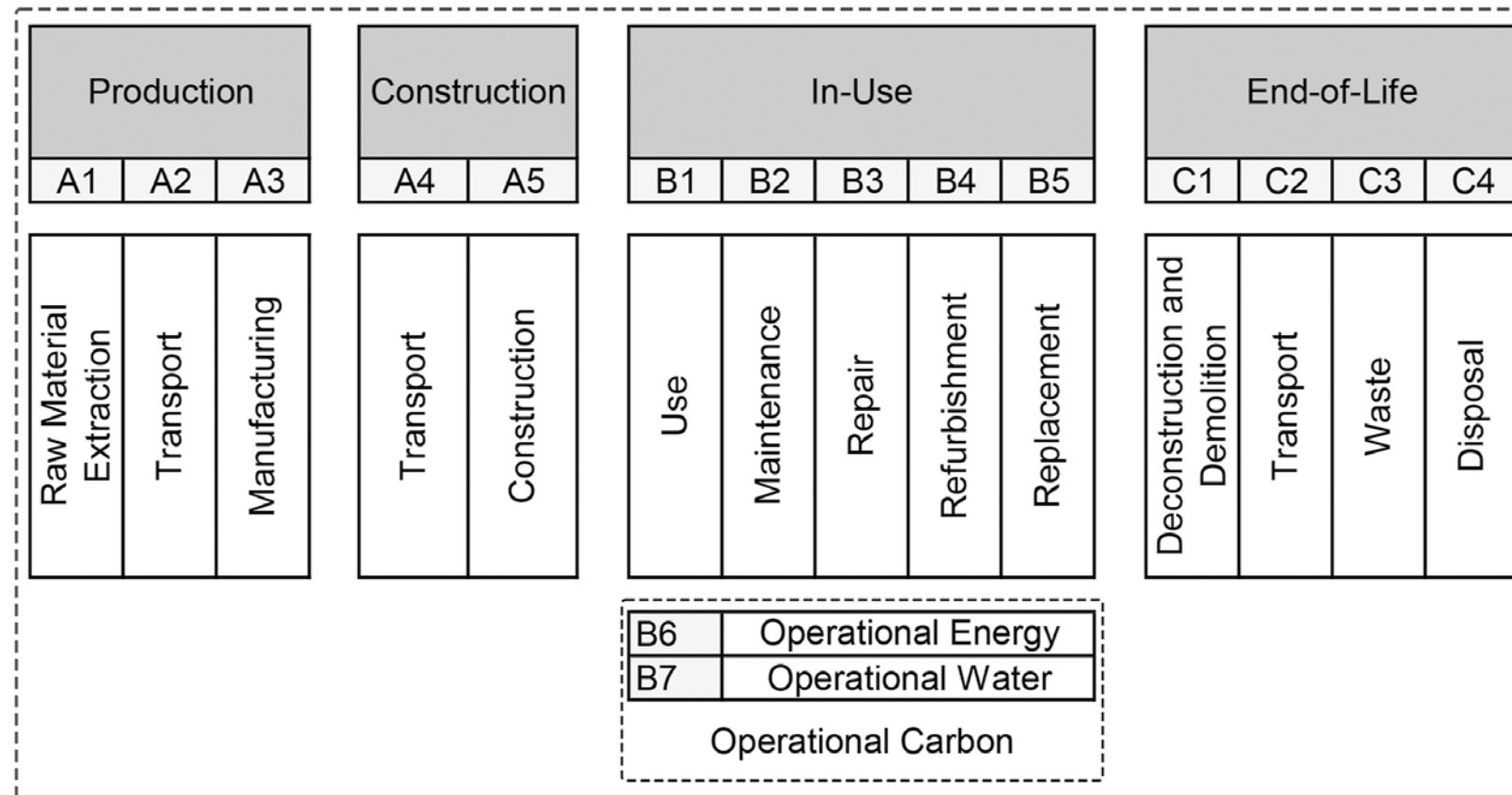
L'LCA valuta numerose categorie d'impatto, tra cui: Cambiamento climatico (GWP), Deplezione delle risorse, Acidificazione, eutrofizzazione, Inquinamento dell'aria e dell'acqua...

Nel settore edilizio, la Carbon Footprint (GWP) è la più rilevante nel contesto attuale della transizione ecologica e delle normative europee.

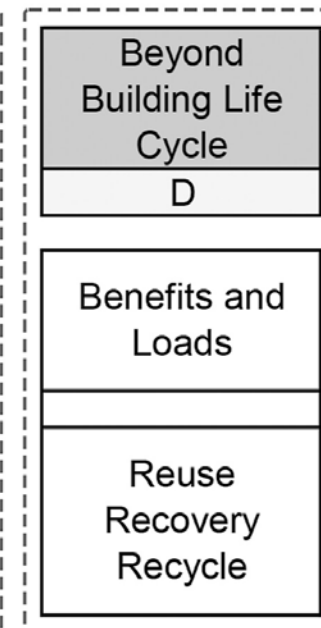


Fasi di valutazione: Carbon Footprint

Whole Life Carbon



Circular Economy



Componenti LCI

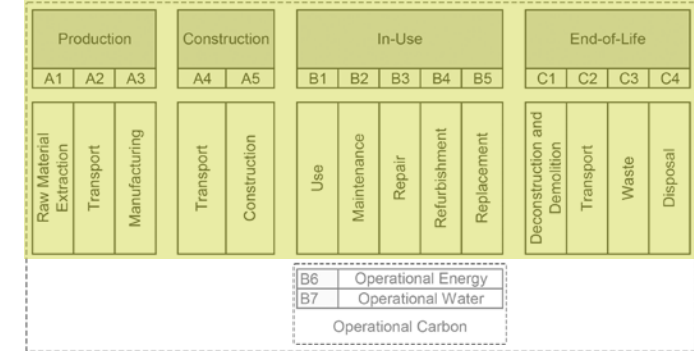
Elementi strutturali e di involucro

- > Scavi
- > Fondazioni
- > Strutture in calcestruzzo
- > Strutture in acciaio
- > Elementi in muratura
- > Elementi metallici
- > Impermeabilizzazioni
- > Isolamenti termici

Finiture

- > Rivestimenti
- > Pitture
- > Cartongessi
- > Controsoffitti
- > Pavimentazioni
- > Rivestimenti
- > Falegnameria
- > Infissi

Whole Life Carbon



Componenti LCI

Consumi energetici

Nel ciclo di vita di un edificio, la fase operativa costituisce una delle principali fonti di emissioni. Per la stima dei consumi energetici è stata adottata la metodologia standard secondo UNI TS 11300, integrata con una simulazione dinamica oraria (UNI EN ISO 52016) per il calcolo del fabbisogno di energia utile dell'involucro.

Servizi energetici considerati

L'analisi ha considerato i fabbisogni di energia primaria relativi ai seguenti servizi:

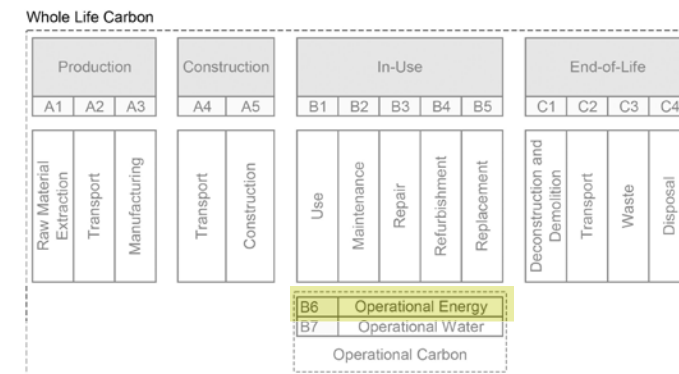
Riscaldamento

Raffrescamento

Ventilazione

Illuminazione

Acqua calda sanitaria



Scenari analizzati: 140

Materiali isolanti

Sono stati analizzati 13 diversi scenari di materiali isolanti per l'involucro:

- Caso base
- Lana di roccia
- Lana di vetro
- Sughero
- Aerogel
- Canapa
- Lana di pecora
- Cotone
- Kenaf
- Lino
- Cellulosa soffiata
- Paglia di riso
- Fibre di iuta.

Contenuto riciclato

Per ogni scenario di isolamento sono state considerate diverse percentuali di materiali riciclati per la struttura dell'edificio:

- Materiale vergine al 100%
- Contenuto riciclato al 100%
- Contenuto riciclato realistico.

Fine della vita

Per ciascuno di questi scenari sono stati considerati tre diversi scenari ipotetici di fine vita:

- Non fare nulla.
- Smaltimento in discarica.
- Riciclaggio.

Scenari di contenuto riciclato

3 scenari:

- Scenario 0% Riciclato: utilizzo esclusivo di materiali vergini.
- Scenario realistico di riciclo: percentuali coerenti con l'attuale situazione del settore edile italiano.
- Scenario riciclato al 100%: utilizzo esclusivo di materiali riciclati o riutilizzati.

Approccio e metodologia:

- ✓ Criteri di selezione: le percentuali di contenuto riciclato sono state determinate attraverso revisione della letteratura e un confronto con dati di settore e CAM.
- ✓ Validazione del database: nell'analisi sono stati inclusi solo materiali che riflettono le attuali pratiche di costruzione italiane.
- ✓ Esclusioni: alcuni materiali, come le casseforme temporanee, sono stati esclusi a causa del loro impatto trascurabile.

Materiale	Contenuto riciclato
Calcestruzzo	30% di FA o FA + GGBS nel cemento
Acciaio	80%
Alluminio	80%
Conglomerati bituminosi	20% di RAP
Gesso	50%
Pannelli in cartongesso	20% - 30%
Lana di vetro	60% - 70%
lana di roccia	15% - 20%
XPS	10% - 15%
EPS	2% - 7%
Schiuma di poliuretano	2% - 7%

Scenari di fine vita

Scenari di fine vita considerati

✓ Non fare nulla

L'edificio è abbandonato senza essere demolito, riciclato o riutilizzato nelle sue parti.

✓ Discarica

Tutti i rifiuti derivanti dalle demolizioni vengono smaltiti senza recupero.

✓ Riciclo/Riutilizzo

I materiali vengono smontati selettivamente per il riutilizzo o il riciclaggio

✓ Scenario combinato

Inizialmente materiali riciclati, a fine vita smaltiti in discarica

Considerazioni chiave

📌 Non fare nulla

Comporta degrado urbano e perdita di risorse. Non comunemente adottato nei progetti regolamentati.

📌 Discarica

Emissioni elevate, uso del suolo e impatto a lungo termine.

📌 Riciclo/Riutilizzo

Riduce la domanda di materiali vergini.

📌 La realtà della gestione dei rifiuti..

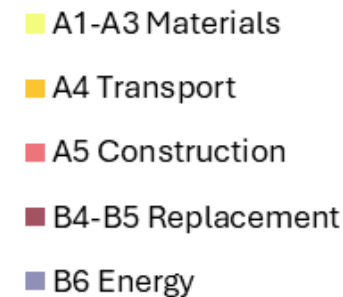
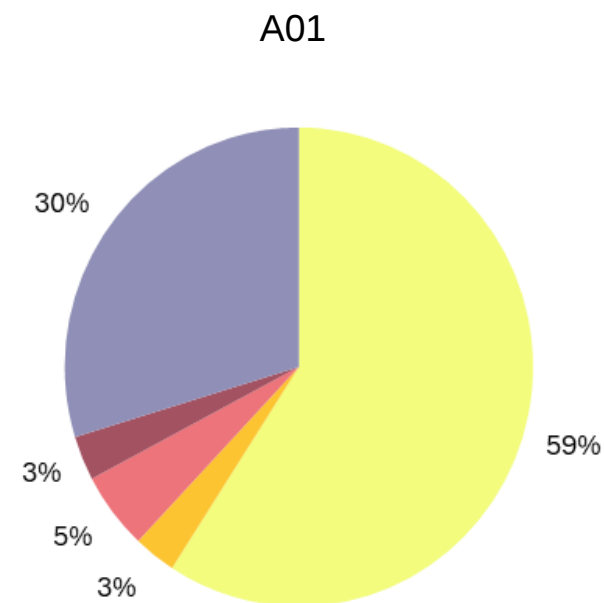
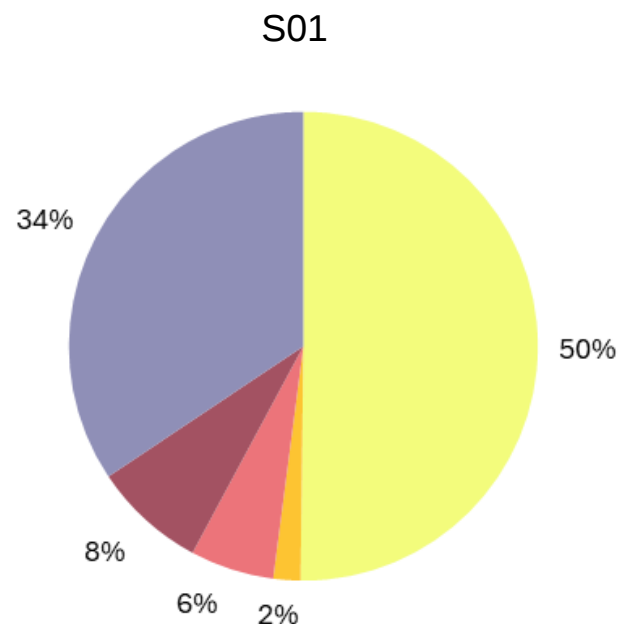
Infrastruttura limitata: spesso i rifiuti vengono conferiti in discarica.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Risultati LCA: Scenario del non fare nulla

Le fasi iniziali del ciclo di vita (A1-A3 e A4) rappresentano la quota più elevata di emissioni.

Ciò conferma il noto problema degli edifici nZEB: man mano che diminuisce la domanda di energia operativa, le emissioni incorporate diventano più significative.



Risultati LCA: Scenario di fine vita in discarica vs. riciclo

Fine vita: discarica



- Emissioni da smaltimento: ~2% (palasport) e ~3% (pista di atletica) sulle emissioni totali del ciclo di vita.

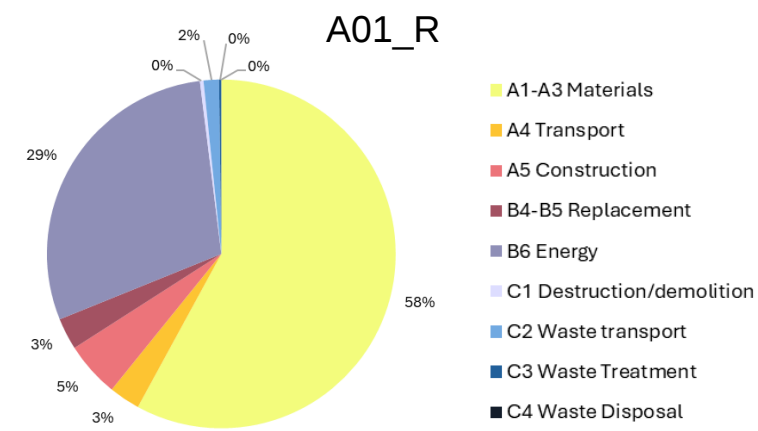
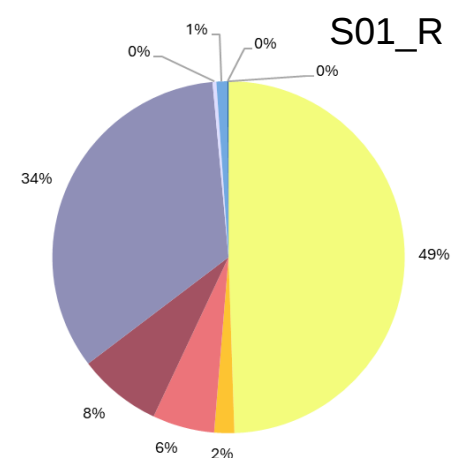
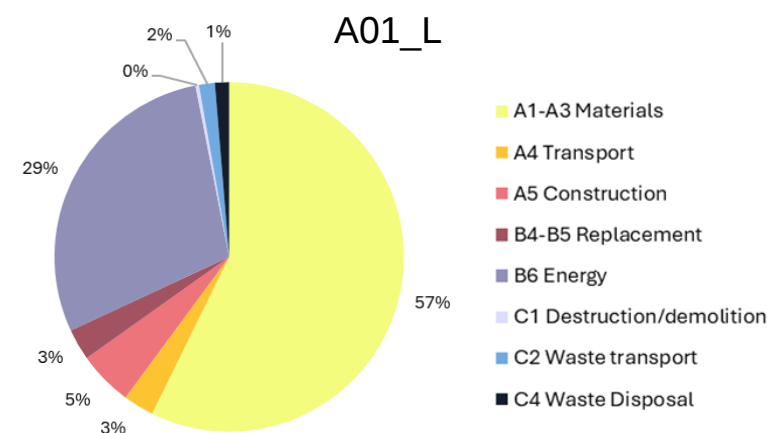
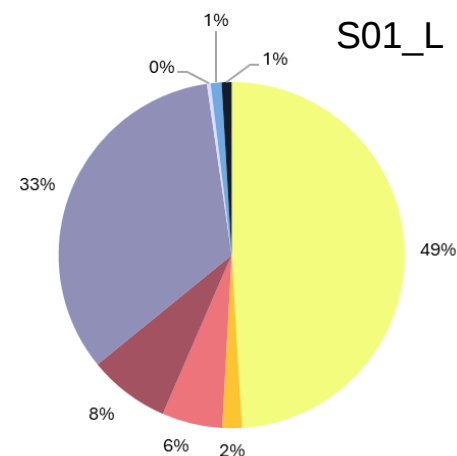
- Fine vita palasport :76,73 tCO₂eq (0,029 tCO₂eq/m²)
- Fine vita pista di atletica: 100,71 tCO₂eq (0,032 tCO₂eq/m²)

Fine vita: riciclo



- Le emissioni a fine vita sono dimezzate rispetto allo scenario con smaltimento in discarica.

- Palasport: 29,72 tCO₂eq (0,011 tCO₂eq/m²)
- Pista di atletica: 58,44 tCO₂eq (0,019 tCO₂eq/m²)



Risultati LCA: Scenario di riciclo realistico vs. riciclo totale

Riciclo/riutilizzo realistico – Fine vita: discarica

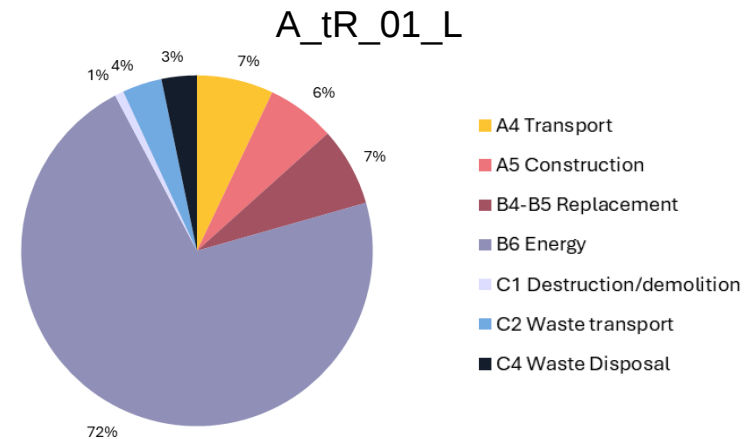
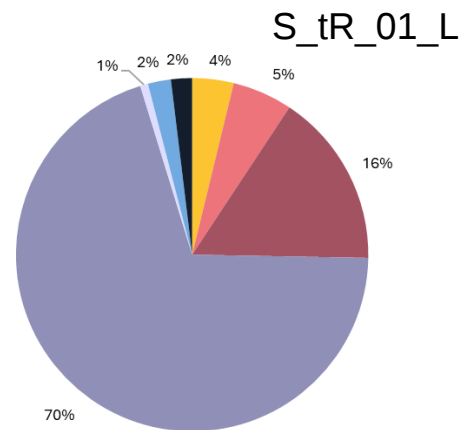
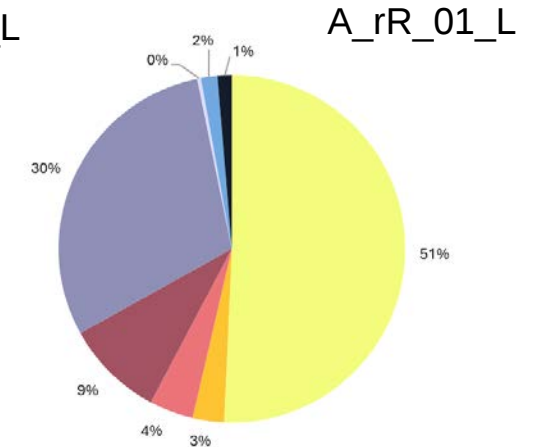
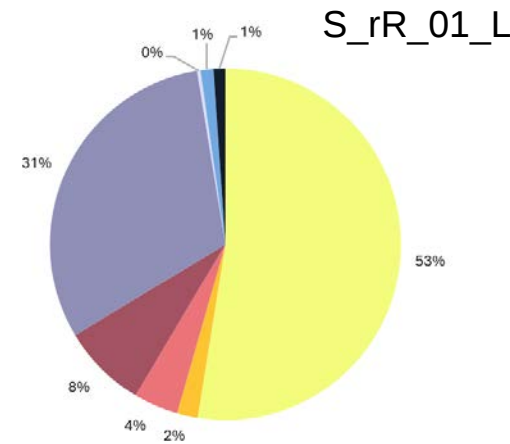


- Le emissioni diminuiscono di circa il 30% rispetto all'utilizzo di materiali vergini.
- Palasport: 2939 tCO₂eq (1.060 tCO₂eq/m²)
- Pista di atletica: 3144 tCO₂eq (0,995 tCO₂eq/m²)

Riciclo/riutilizzo totale – Fine vita: discarica



- Palasport: 1347 tCO₂eq → riduzione del 50% rispetto agli scenari con materiale vergine.
- Pista di atletica: 1506 tCO₂eq → riduzione del 40%.
- Quando vengono utilizzati solo materiali riciclati o riutilizzati, le fasi A1-A3 hanno emissioni zero.



EVIDENZE PROCEDURALI

Evidenze procedurali

Evidenze

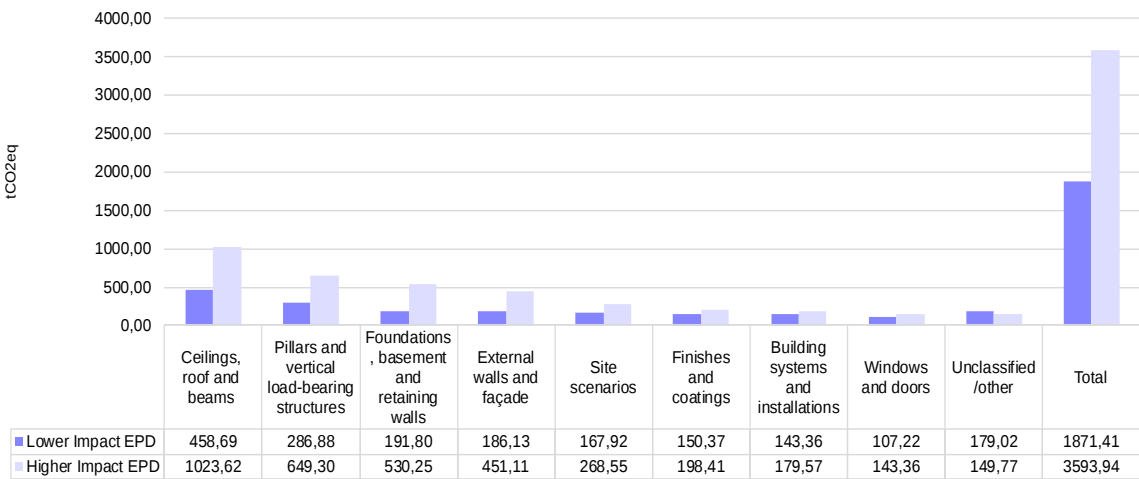
-  **Accessibilità limitata e dati incoerenti nei database LCA:** I set di dati esistenti, pur essendo spesso dettagliati, non risultano adeguatamente contestualizzati per il mercato italiano, il che può generare incongruenze significative nelle valutazioni di sostenibilità ambientale, soprattutto in fase di progettazione e confronto tra soluzioni edilizie.
-  **Variabilità nelle EPD e mancanza di standardizzazione:** le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) di diversi produttori mostrano discrepanze fino al 90% per lo stesso materiale, rendendo difficile effettuare confronti accurati. Queste incongruenze derivano da differenze nelle fonti di dati, nei metodi di calcolo e nei criteri di rendicontazione, che portano a risultati LCA inaffidabili.

Osservazioni

-  **Ampliare l'accesso ai database LCA e migliorarne la contestualizzazione:** è necessario ampliare l'accessibilità ai database, garantendo una maggiore coerenza nei dati e una copertura completa del ciclo di vita, per migliorarne l'accessibilità e così che le valutazioni siano in linea con la normativa nazionale (CAM).
-  **Verifica e armonizzazione più rigorose delle EPD :** la standardizzazione della rendicontazione delle EPD e l'applicazione di verifiche di terze parti più rigorose ridurrebbero le discrepanze e migliorerebbero la comparabilità. L'introduzione di EPD basate su categorie o stime basate sullo scenario peggiore potrebbe migliorare l'accuratezza dell'LCA nelle fasi iniziali del progetto, quando non sono disponibili dati specifici sul prodotto.

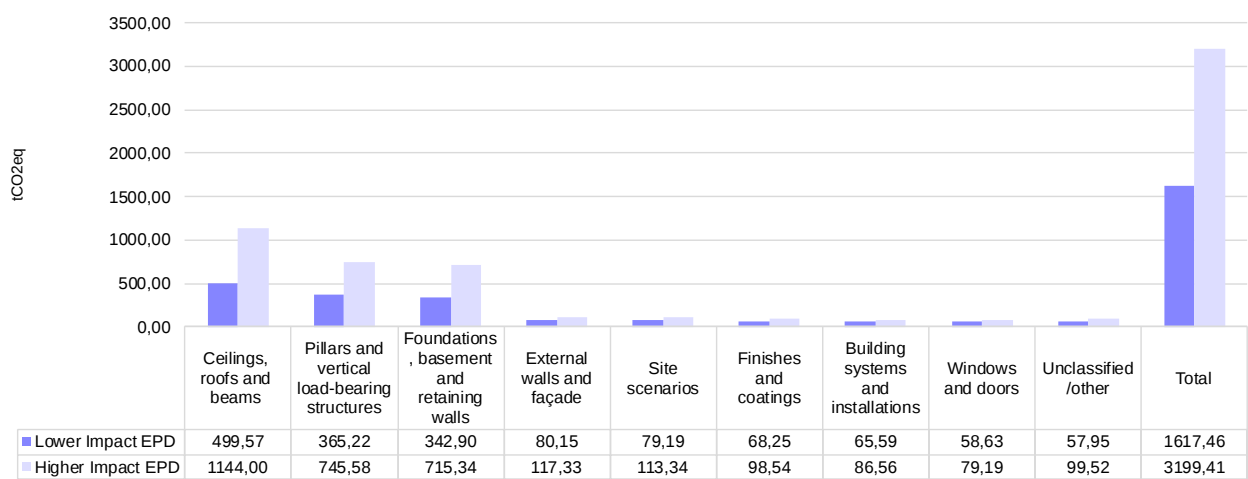
Variabilità EPD

Confronto tra EPD ad alto e basso impatto per categoria



Palazzetto dello sport

Caso di studio	EPD inferiore [tCO ₂ eq/FU]	EPD più elevato [tCO ₂ eq/FU]
Palazzetto dello sport	0,82	1.58
Pista di atletica	0,51	1.01



Pista di atletica

Evidenze procedurali

Evidenze

- 📌 **Problemi di tempistica dell'LCA nelle fasi di progettazione:** se condotta troppo presto, l'LCA si basa su dati generici o stimati, producendo risultati inaccurati. Se applicata troppo tardi, diventa uno strumento di verifica anziché uno strumento decisionale.
- 📌 **Diversa attenzione alle fasi:** gli studi LCA tendono a concentrarsi principalmente sulle fasi A1-A3 (produzione dei materiali), trascurando spesso il trasporto (A4) e la costruzione (A5). Il trasporto dei materiali viene spesso stimato utilizzando dati generici, mentre la fase di costruzione non tiene conto del consumo energetico in loco e degli sprechi di materiale.

Osservazioni

- ✓ **Implementazione di una metodologia LCA a fasi:** è necessario adottare un approccio LCA progressivo, in cui le fasi iniziali si basano su stime conservative, mentre le fasi successive utilizzano dati di progetto reali per calcoli più accurati. Ciò consentirebbe di bilanciare fattibilità e accuratezza.
- ✓ **Considerare tutte le fasi fino alla costruzione:** migliorare l'integrazione dei dati per le fasi A4 e A5 per consentire stime più accurate del trasporto e del consumo energetico in loco. Potrebbe essere utile standardizzare le linee guida per il monitoraggio del consumo energetico e degli sprechi di materiali nei cantieri per perfezionare le valutazioni ambientali.

C. Pacchiega, A. Marcazzani, L. Mazzini, C. Tasca, P. Fausti,
*Determinazione dell'impronta di carbonio di edifici pubblici: due
casi studio di impianti sportivi di nuova progettazione*

XXIII Congresso Nazionale CIRIAF, Perugia 13-14 Aprile 2023

Grazie per l'attenzione