



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



**Regione**  
**Lombardia**

---

# I principi di economia circolare applicati agli edifici: Full-Environmental Life Cycle Costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Ing. Federica Carollo

PhD Candidate, PoliMI-ENEA

# IL SISTEMA DI GESTIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE



## OSTACOLI

- La **bassa qualità** dei materiali riciclati a causa della presenza di impurità come terra, gesso ecc.
- La difficoltà nel garantire una **produzione costante** di aggregati riciclati
- La mancanza di **fiducia** degli stakeholders nell'uso dei prodotti derivati dai rifiuti
- La bassa **competitività** economica rispetto alle materie prime vergini



## GOAL

- Facilitare l'ottenimento di aggregati riciclati di **alta qualità** incoraggiandone la **vendita** e l'uso in nuovi edifici per chiudere il ciclo nella filiera delle costruzioni e demolizioni (C&D)
- Contribuire allo sviluppo di meccanismi di **incentivazione** per il settore delle costruzioni basati su considerazioni economiche derivanti da un'analisi di Full-Environmental Life Cycle Costing (feLCC)

# IL SISTEMA DI GESTIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE



## OSTACOLI

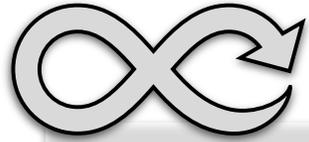
- La **bassa qualità** dei materiali riciclati a causa della presenza di impurità come terra, gesso ecc.
- La difficoltà nel garantire una **produzione costante** di aggregati riciclati
- La mancanza di **fiducia** degli stakeholders nell'uso dei prodotti derivati dai rifiuti
- La bassa **competitività** economica rispetto alle materie prime vergini



## GOAL

- Facilitare l'ottenimento di aggregati riciclati di **alta qualità** incoraggiandone la **vendita** e l'uso in nuovi edifici per chiudere il ciclo nella filiera delle costruzioni e demolizioni (C&D)
- Contribuire allo sviluppo di meccanismi di **incentivazione** per il settore delle costruzioni basati su considerazioni economiche derivanti da un'analisi di Full-Environmental Life Cycle Costing (feLCC)

# METODOLOGIA: IL FULL-ENVIROMENTAL LIFE CYCLE COSTING



definizione

Il **full-Environmental Life Cycle Costing** (feLCC) è una metodologia che oltre ad esaminare tutti i costi interni associati al ciclo di vita del processo, direttamente sostenuti dai vari attori della catena di gestione (**Enviromental LCC** (eLCC)), allinea uno studio di **Life Cycle Assessment** (LCA) i cui risultati relativi agli impatti ambientali vengono monetizzati con il fine di ottenere i costi delle esternalità ambientali da integrare all'eLCC.

**Fonte:** Hoogmartens R, van Passel S, van Acker K, Dubois M (2014) Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. Environ Impact Assess Rev 48:27-33.

## METODOLOGIA: IL FULL-ENVIROMENTAL LIFE CYCLE COSTING



- Definizione di goal and scope
- Analisi dell'inventario
- Interpretazione dei risultati

- Definizione di goal and scope
- Analisi dell'inventario
- Analisi degli impatti ambientali
- Interpretazione dei risultati

- Monetizzazione degli impatti ambientali risultati dall'LCA
- Integrazione dei valori monetizzati nell'eLCC

## CASI STUDIO

66 IMPRESE DI DEMOLIZIONE  
CONTATTATE

**7 CASI STUDIO**

27 IMPIANTI DI RICICLO  
CONTATTATI

**2 CASI STUDIO**

### PERIODO

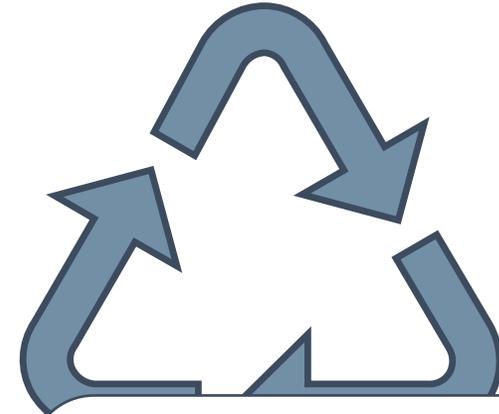
SET – DIC 2020 (4 MESI)  
MAG – AGO 2021 (4 MESI)

### LOCALIZZAZIONE

LOMBARDIA

### DEMOLIZIONE DICHIARATA

SELETTIVA



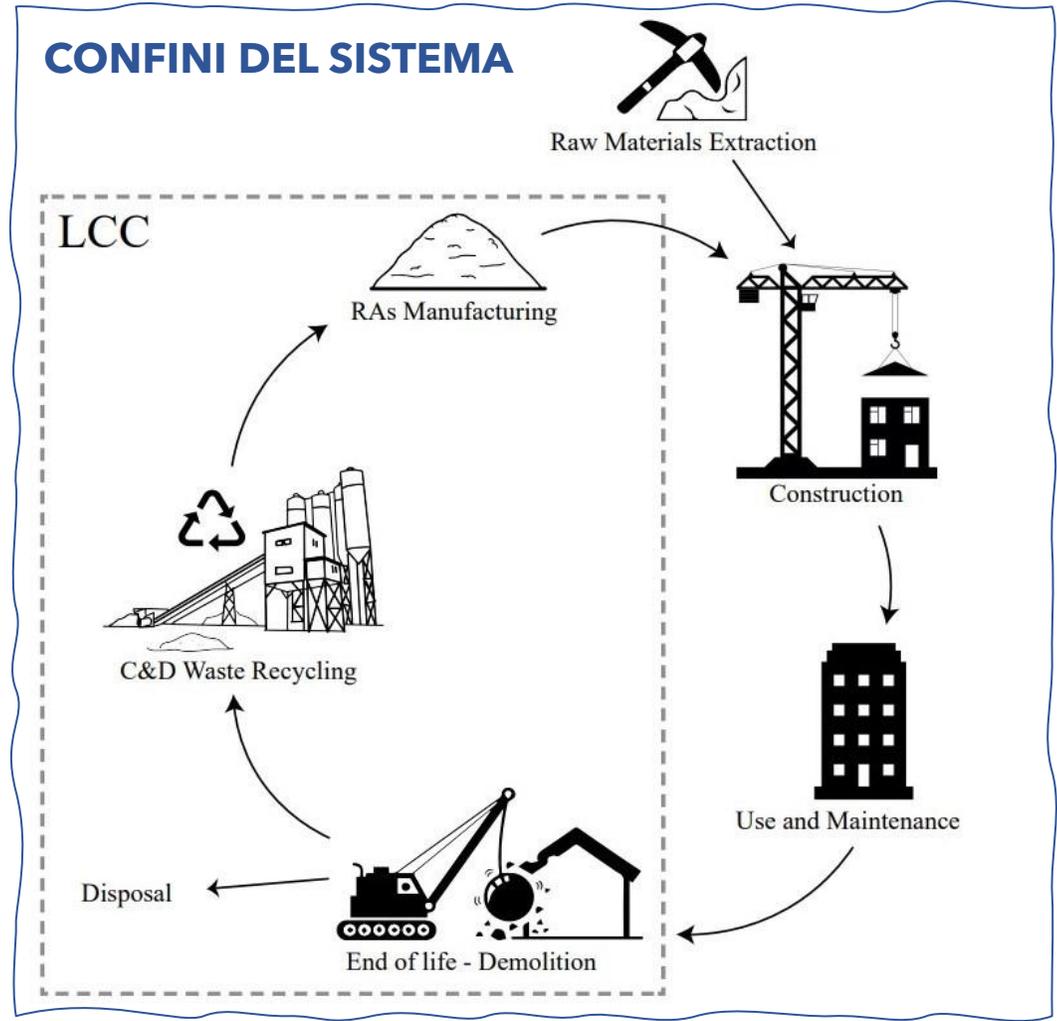
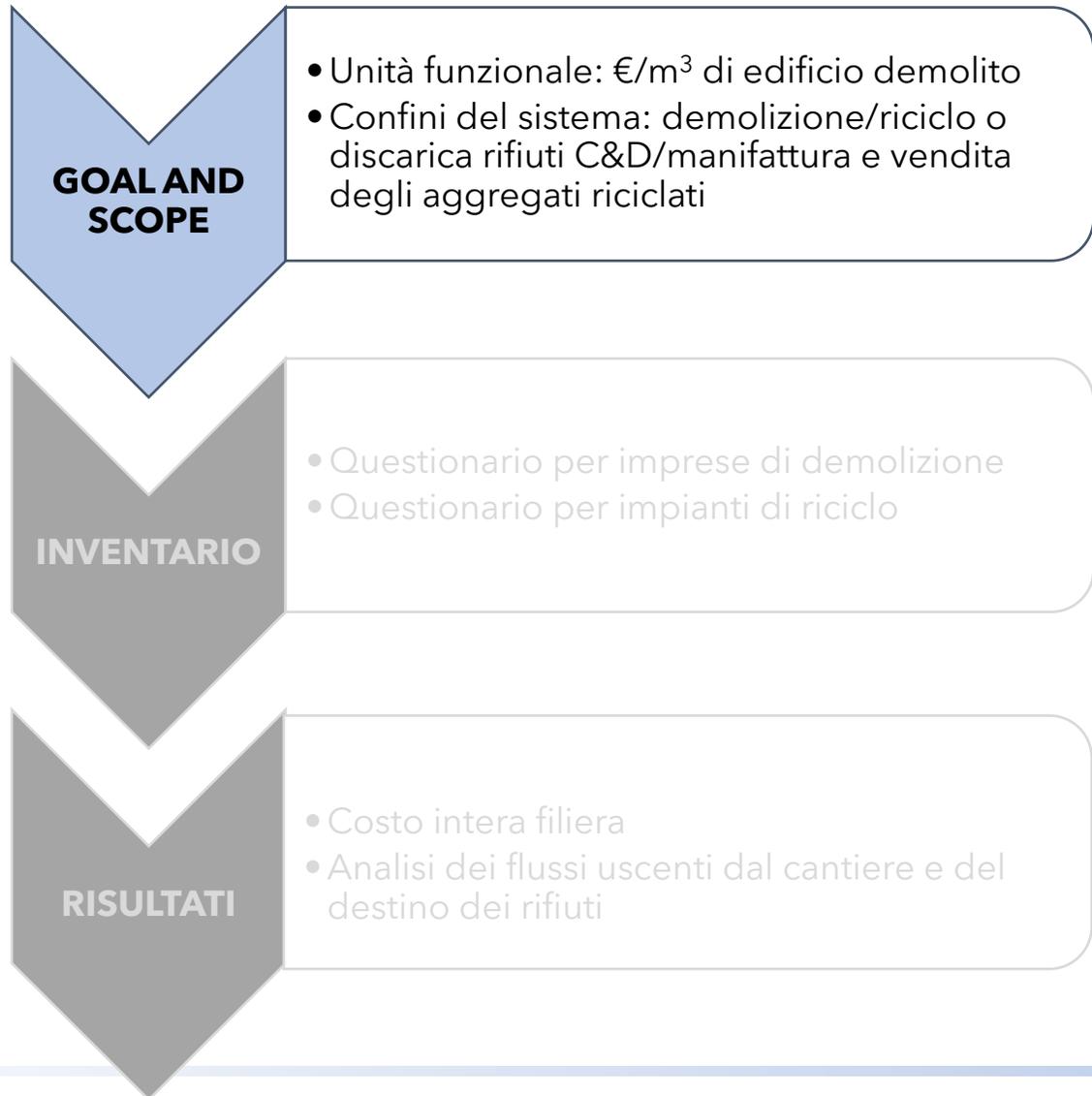
#### IMPRESE DI DEMOLIZIONE

- **CASO 1**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 2**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 3**
  - EDIFICIO RESIDENZIALE
- **CASO 4**
  - EDIFICIO SCOLASTICO
- **CASO 5**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 6**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 7**
  - EDIFICIO COMMERCIALE

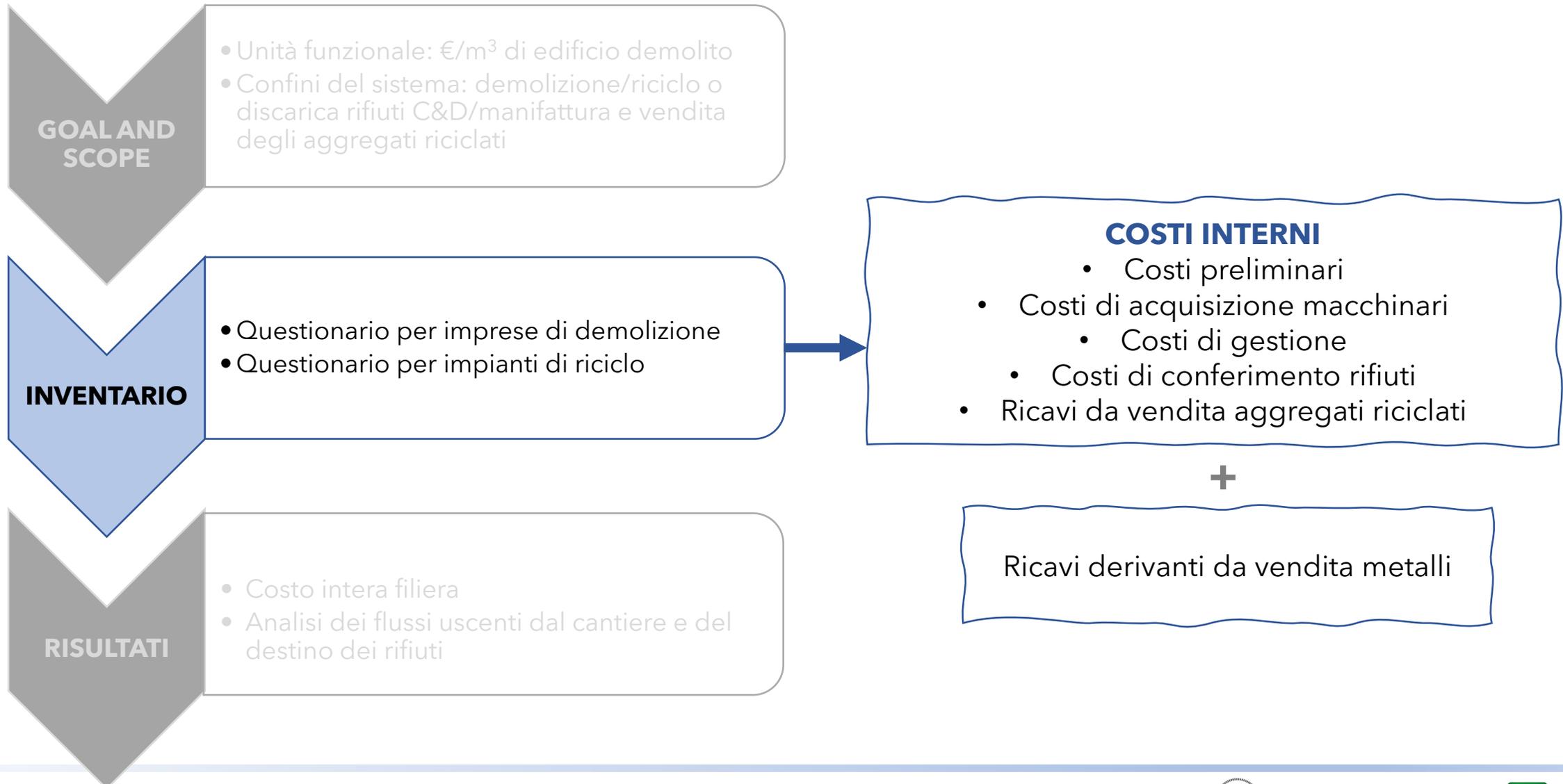
#### IMPIANTI DI RICICLO

- **IMPIANTO 1**
  - SEMOVENTE SU CINGOLATO SOLO IN SITU
- **IMPIANTO 2**
  - SEMOVENTE SU CINGOLATO SOLO IN SITU

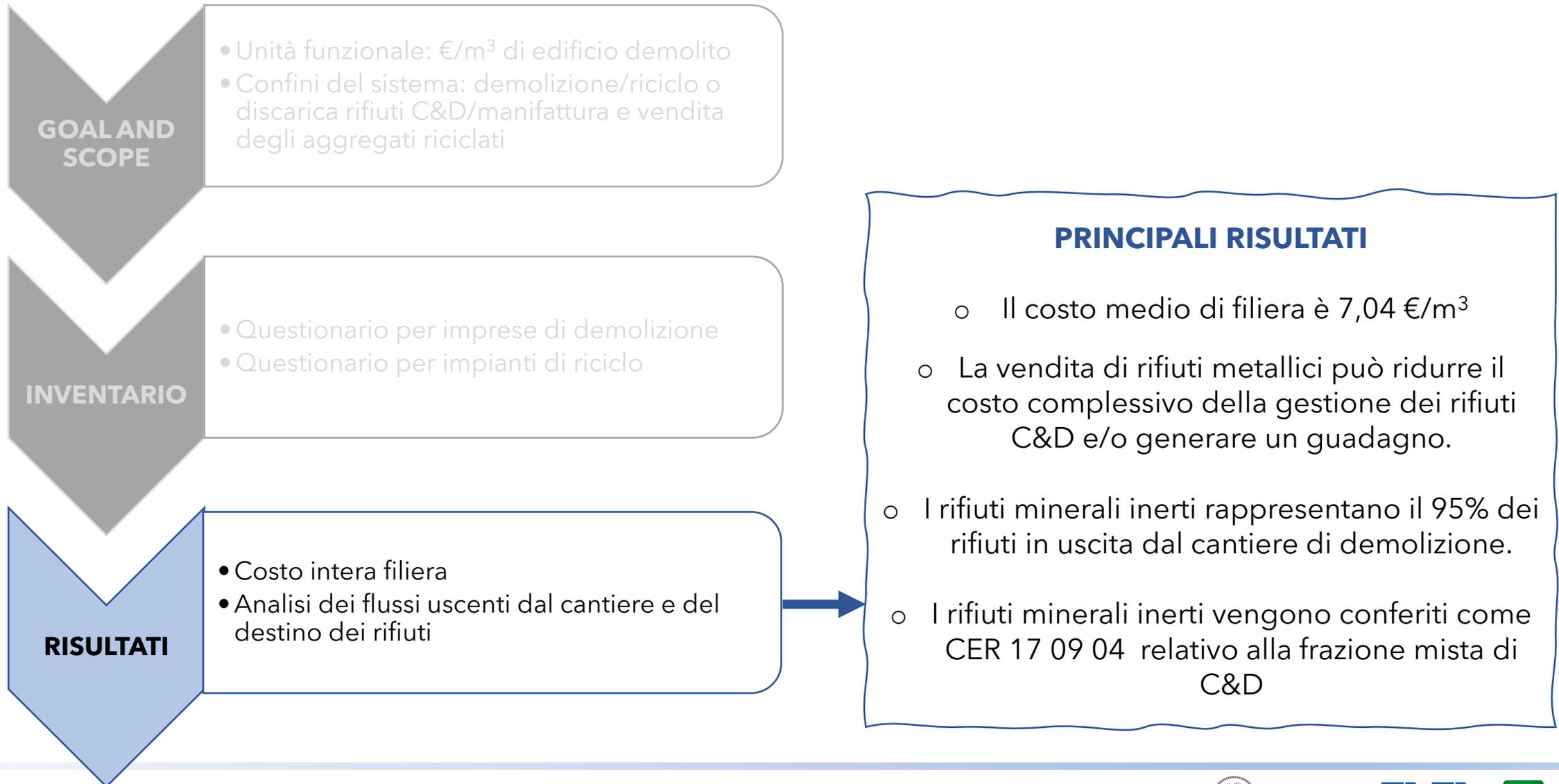
# ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE COSTING (eLCC)



# ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE COSTING (eLCC)



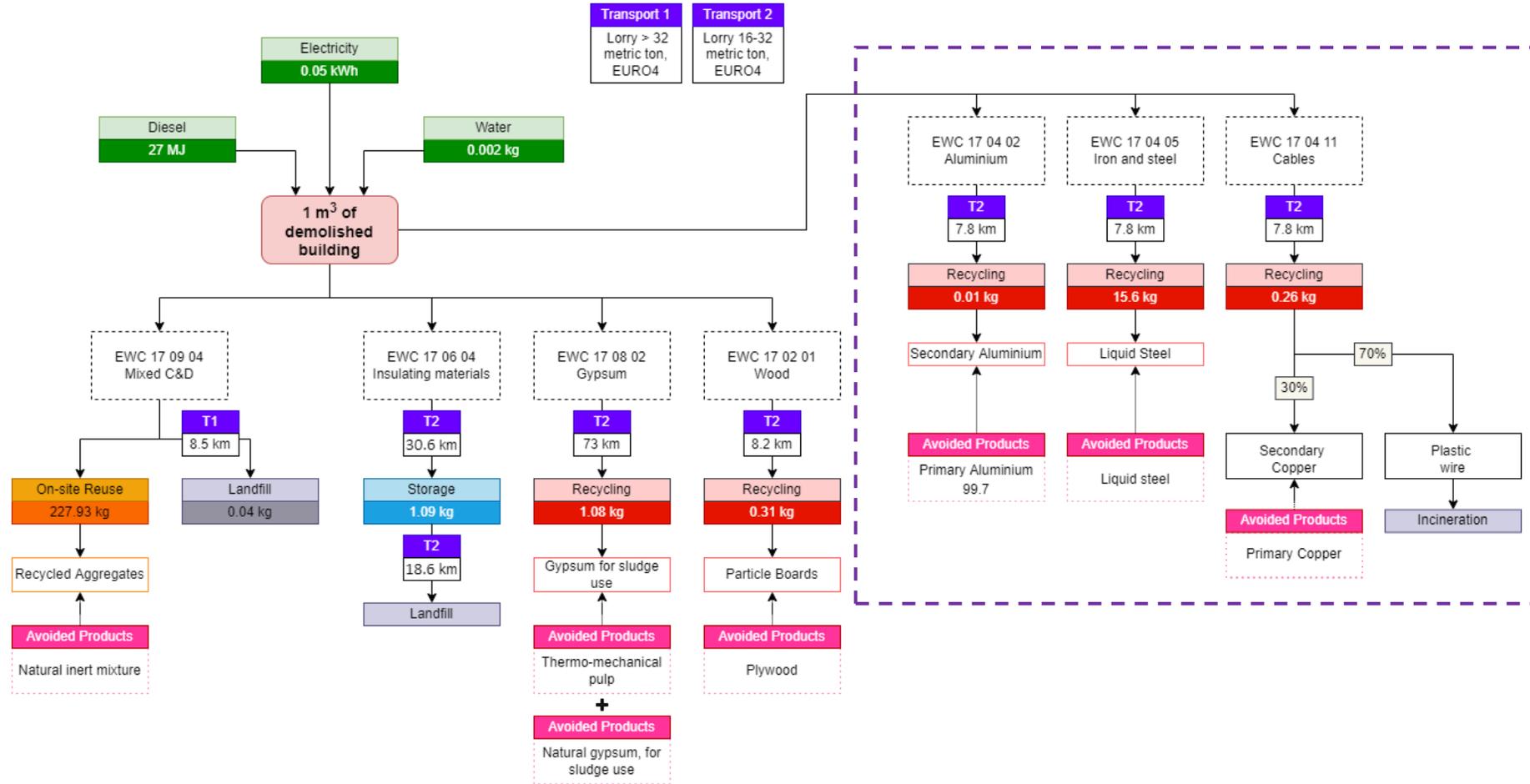
# ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE COSTING (eLCC)



# LIFE CYCLE ASSESSMENT

L'analisi viene effettuata sotto le stesse assunzioni e gli stessi confini del sistema dell'eLCC

**Inventario**  
Consumi  
Trasporti  
Trattamento rifiuti



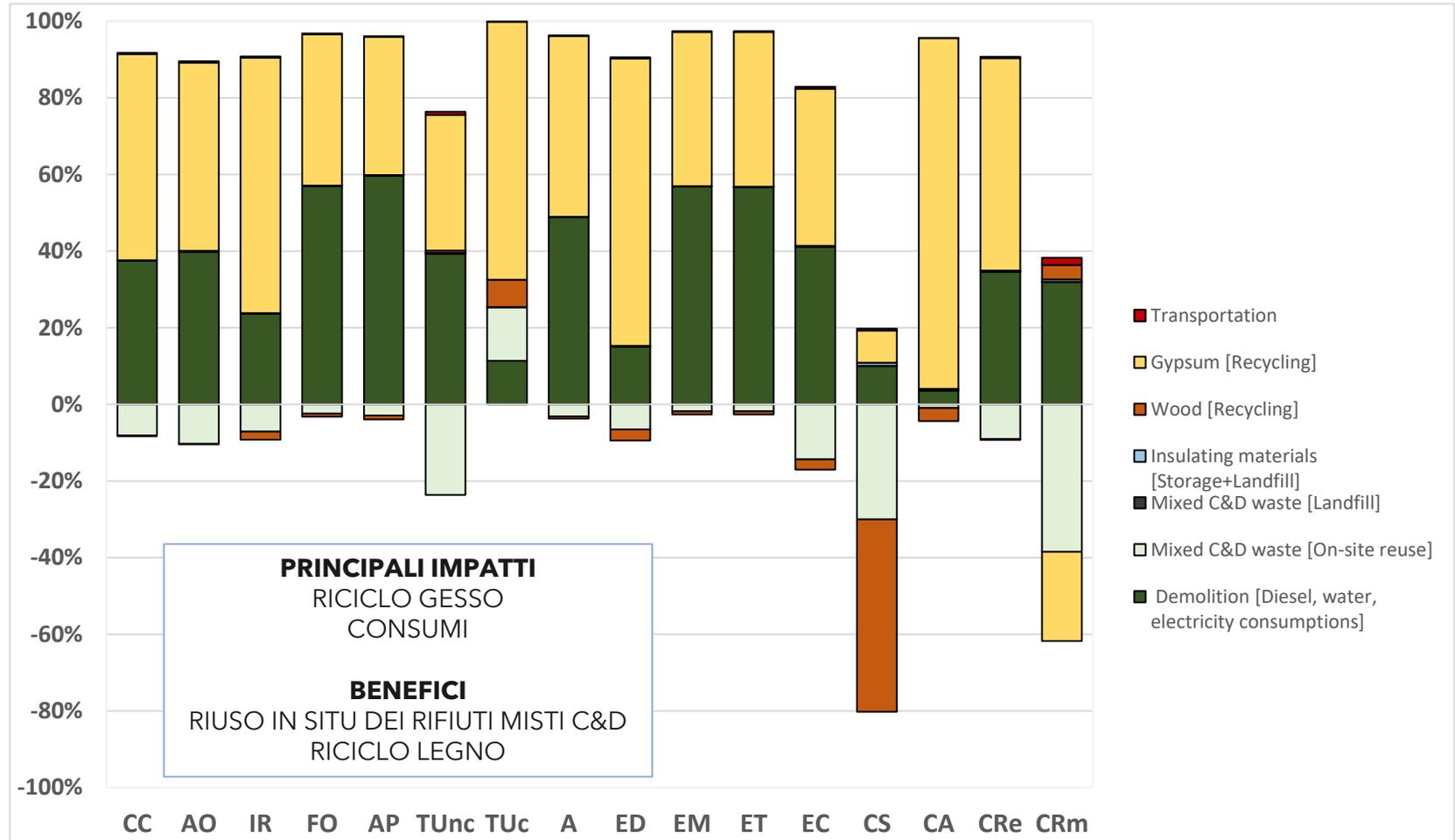
ESEMPIO Bilancio di massa di un caso di demolizione selettiva di un edificio commerciale

## CATEGORIE D'IMPATTO

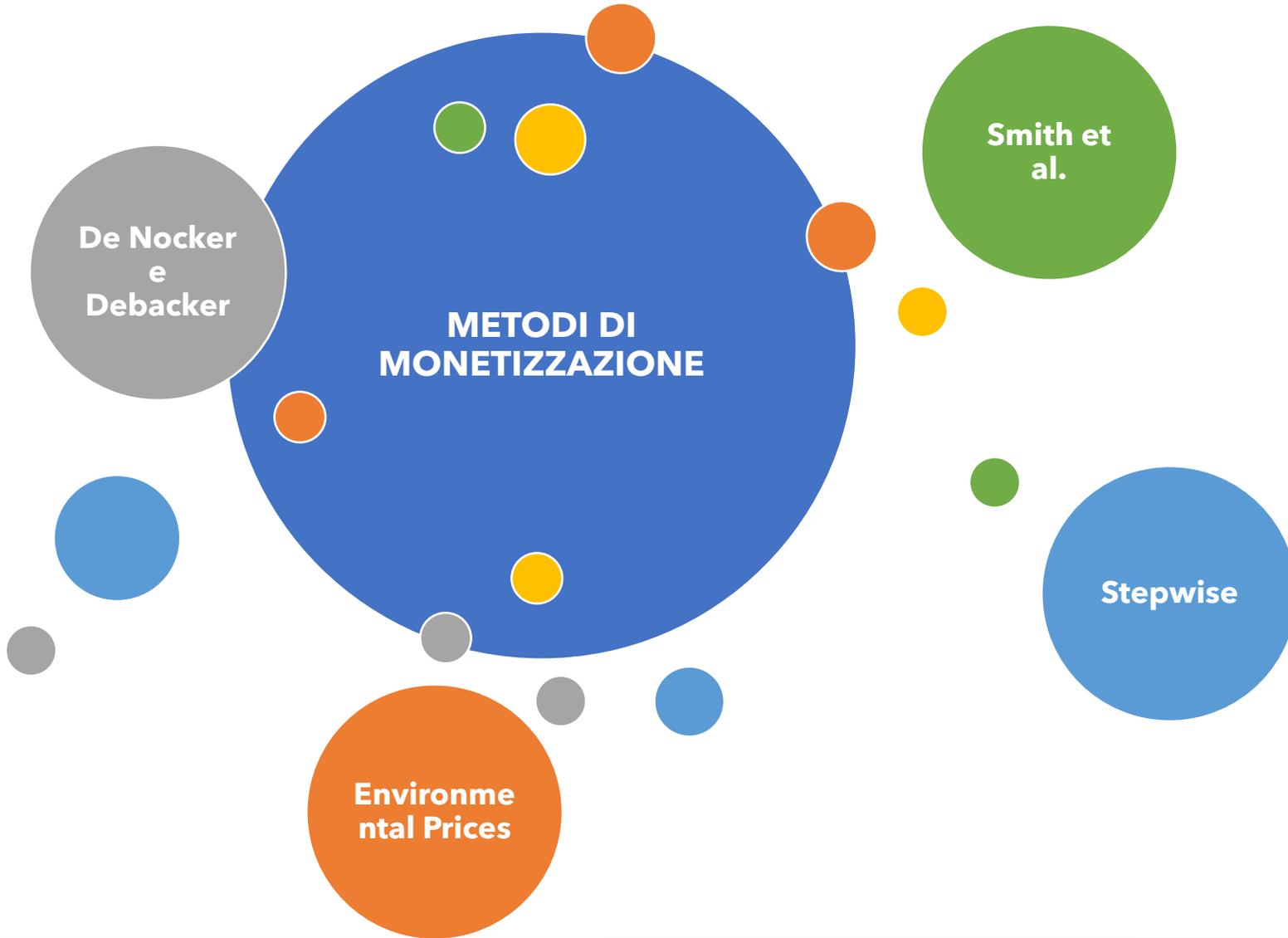
-  Cambiamento climatico
-  Riduzione ozono stratosferico
-  Tossicità salute umana, sostanze cancerogene
-  Tossicità salute umana, sostanze non cancerogene
-  Particolato
-  Radiazione ionizzante
-  Formazione ozono troposferico
-  Acidificazione
-  Eutrofizzazione ambiente terrestre
-  Eutrofizzazione acqua dolce
-  Eutrofizzazione acqua marina
-  Uso del suolo
-  Tossicità ecosistemica
-  Utilizzo dell'acqua
-  Utilizzo risorse fossili
-  Utilizzo risorse minerarie e metalliche

## PRINCIPALI RISULTATI

### ESEMPIO caso di demolizione selettiva di un edificio commerciale



# MONETIZZAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI



## CALCOLO DEGLI INDICATORI MONETIZZATI

*Indicatore monetizzato*  
 $= \text{Indicatore} \cdot \text{Fattore monetizzazione}$

ESEMPIO per la categoria cambiamento climatico, per il caso 1 e lo scenario in cui sono esclusi i flussi metallici:

- Indicatore:  
 $5.57 \text{ kg CO}_{2,\text{eq}}/\text{m}^3$
- Fattore di monetizzazione dell'insieme di pesi di Smith et altri:  
 $0.104 \text{ €/kg CO}_{2,\text{eq}}$
- Indicatore monetizzato:  
 $5.57 \text{ kg CO}_{2,\text{eq}}/\text{m}^3 \cdot 0.104 \text{ €/kg CO}_{2,\text{eq}} = 0.58 \text{ €/m}^3$

# FULL-ENVIRONMENTAL LCC

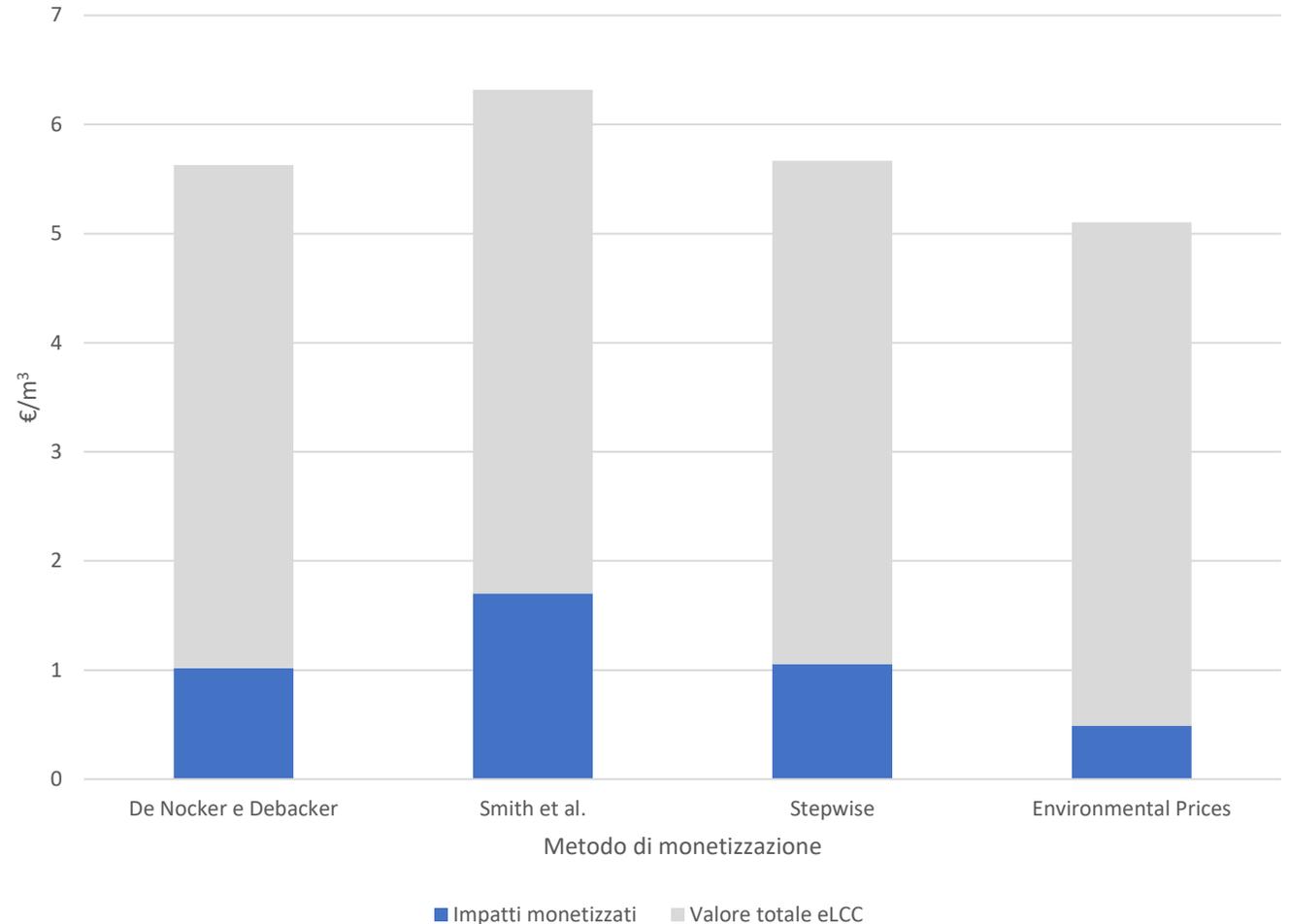
## CALCOLO DEI VALORI ECONOMICI TOTALI

*Valori economici totali*  
 = Costi totali determinati con l'eLCC  
 + Indicatori monetizzati

*ESEMPIO Incremento percentuale del valore totale dell'eLCC in un caso di demolizione selettiva di un edificio commerciale*

	De Nocker e Debacker	Smith et al.	Stepwise	Environmental Prices
Incremento Percentuale	22 %	37 %	23 %	11%

*ESEMPIO* Istogramma dei contributi del valore economico totale



## CONCLUSIONI

In generale il feLCC è uno strumento utile per identificare le criticità di una catena di valore come quella dei rifiuti C&D

## PRINCIPALI OUTPUT

**Raccomandazioni** per gli operatori del settore su come meglio gestire una demolizione selettiva e quali sono i flussi di rifiuti separabili che apportano maggiori benefici in termini sia economici che ambientali

**Dataset** LCA su banca dati ARCADIA



Set di **Incentivi** a favore delle PMI sull'esecuzione di lavori privati

[DELIVERABLE SCARICABILE -> Il Life Cycle Costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione \(enea.it\)](#)

# Grazie per l'attenzione!

Ing. Federica Carollo

PhD Candidate, PoliMI-ENEA

[federicacarla.carollo@polimi.it](mailto:federicacarla.carollo@polimi.it)



POLITECNICO  
MILANO 1863



Regione  
Lombardia