

# La metodologia LCA a supporto della fase autorizzativa di nuovi impianti di trattamento di rifiuti e reflui

G. Cavenago, C. Tua, L. Rigamonti

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Gruppo di ricerca AWARE  
(Assessment on WASTE and RESources)



XIX Convegno  
dell'Associazione  
Rete Italiana LCA

**Transizione sostenibile,  
competitività e innovazione:  
il ruolo della Life Cycle Assessment**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



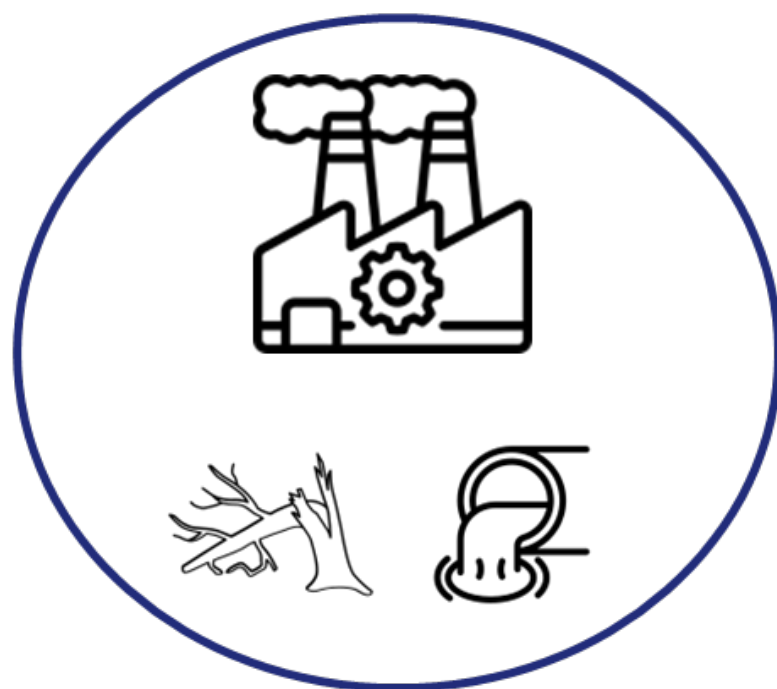
ASSOCIAZIONE  
RETE ITALIANA LCA

**19, 20 e 21 marzo 2025  
CORTINA D'AMPEZZO**

# Procedimenti di compatibilità ambientale di un'opera e LCA

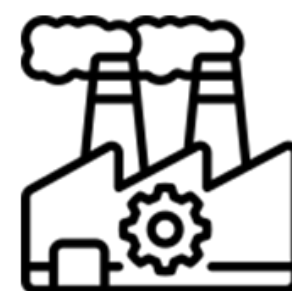
1. La metodologia LCA è oggi riconosciuta come uno strumento valido e funzionale nel supportare i procedimenti di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e, più in generale, i procedimenti di compatibilità ambientale

**VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE  
TRADIZIONALE**



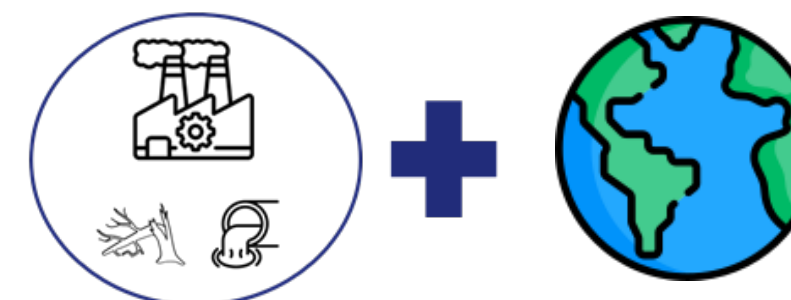
VALUTAZIONE delle EMISSIONI DIRETTE e degli EFFETTI dell'inserimento dell'OPERA a LIVELLO di TERRITORIO e di COMUNITA' LOCALE tenendo conto anche della pressione ambientale pre-esistente

PROGRESSIVO PASSAGGIO



IMPIANTO DA  
AUTORIZZARE

**INTEGRAZIONE  
DELLA LCA NELLA VIA**



INCLUSIONE nella VALUTAZIONE anche degli EFFETTI INDIRETTI (off-site) derivanti dalle ATTIVITA' antropiche a MONTE e a VALLE, che SCAMBIANO MATERIA ed ENERGIA con l'OPERA

# Procedimenti di compatibilità ambientale di un'opera e LCA

## 2. Il nuovo codice dei contratti pubblici (D.lgs. n. 36/2023) richiede che la relazione di sostenibilità di una nuova opera comprenda una valutazione degli impatti ambientali nel relativo ciclo di vita in accordo con la metodologia LCA

D. lgs. n. 36/2023  
Nuovo codice dei contratti pubblici

(Allegato I.7-art. 11)

Articolo 11.  
Relazione di sostenibilit  dell'opera.

1. La relazione di sostenibilit  dell'opera, declinata nei contenuti in ragione della specifica tipologia di intervento infrastrutturale, contiene, in linea generale e salva diversa motivata determinazione del RUP:

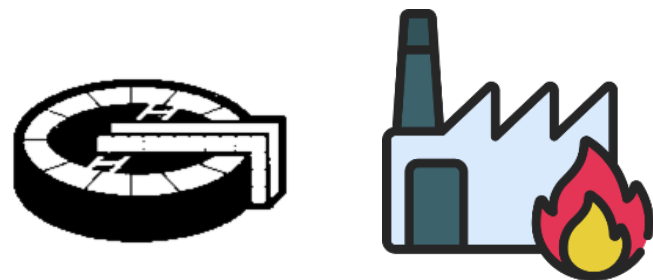
- c) una stima della Carbon Footprint dell'opera in relazione al ciclo di vita e il contributo al raggiungimento degli obiettivi climatici;
- d) una stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e gli standard internazionali (Life Cycle 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;



# Valutazioni LCA per impianti di trattamento di rifiuti e reflui

Il gruppo di ricerca AWARE del Politecnico di Milano ha utilizzato la metodologia LCA per supportare la fase autorizzativa di alcuni impianti di trattamento di rifiuti solidi e di reflui nel Nord Italia:

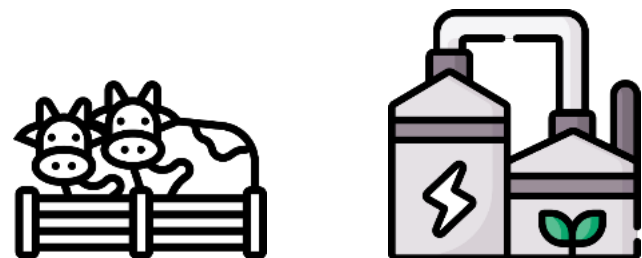
## DUE IMPIANTI di MONO-INCENERIMENTO FANGHI da DEPURAZIONE BIOLOGICA



- Carbon Footprint come documentazione integrativa alle osservazioni ricevute durante la procedura di PAUR\* ([Procedura PAUR n.55-23](#); Regione Veneto, 2023)
- Studio LCA e analisi LCC come documentazione integrativa alle osservazioni ricevute durante la procedura di PAUR\* ([Procedura PAUR n.40-24](#); Regione Veneto, 2024)

\*Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale

## IMPIANTO di DIGESTIONE ANAEROBICA di REFLUI ZOOTECNICI BOVINI per produzione di DIGESTATO e BIOMETANO

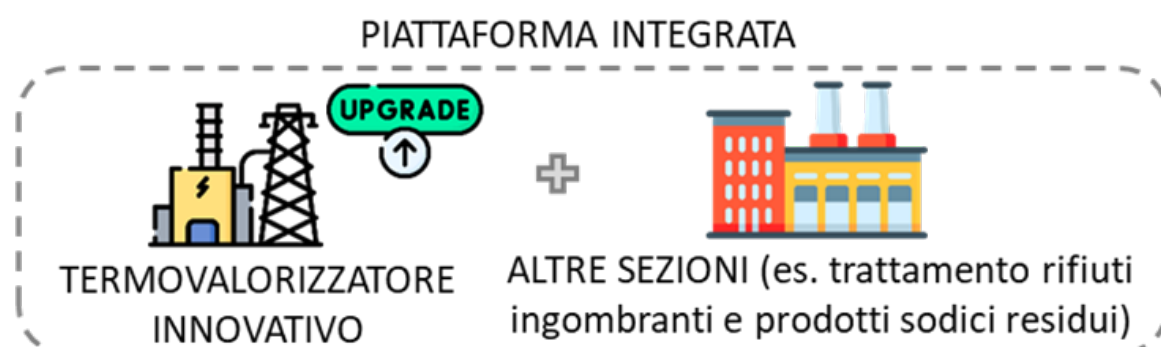


LCA di supporto a future istanze di provvedimenti autorizzativi per impianti lombardi basati su questa tecnologia

# Valutazioni LCA per impianti di trattamento di rifiuti e reflui

Il gruppo di ricerca AWARE del Politecnico di Milano ha utilizzato la metodologia LCA per supportare la fase autorizzativa di alcuni impianti di trattamento di rifiuti solidi e di reflui nel Nord Italia:

## PIATTAFORMA per il RECUPERO di MATERIA e di ENERGIA da RIFIUTI SOLIDI URBANI e SPECIALI



LCA a supporto del piano di sviluppo industriale di una società nel Nord Italia  
→ ammodernamento dell'attuale termovalorizzatore e nuove linee di trattamento in loco a monte e a valle del processo di recupero energetico del rifiuto

## ADEGUAMENTO di un DEPURATORE ai LIMITI della DELIBERA ARERA 917/2017/R/IDR

**tecno habitat**  
società di ingegneria  
**rete clima**



Studio LCA (svolto da altri e revisionato da AWARE) del progetto di adeguamento,  
→ allegato alla documentazione tecnica nella richiesta di verifica di assoggettabilità a VIA provinciale (codice [VER0127-MB](#); Regione Lombardia, 2024)

# Definizione degli obiettivi dello studio e relativa impostazione

CON QUALI OBIETTIVI  
SONO SVOLTE LE ANALISI  
LCA PER UN IMPIANTO DA  
AUTORIZZARE?

- Individuare i **processi/le fasi** che **contribuiscono maggiormente** agli **impatti ambientali dell'opera** per indirizzare gli **sforzi progettuali** prioritariamente verso il **relativo miglioramento** prima dell'operatività
- Verificare la **reale convenienza ambientale** dello **scenario con impianto** rispetto a **scenari alternativi** senza impianto

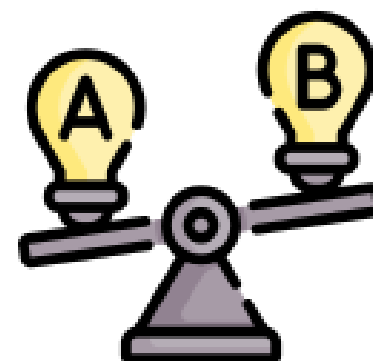


**IMPOSTAZIONE di LCA COMPARATIVE**



Scenario di gestione  
di una certa tipologia  
di rifiuto/refluo  
presso l'impianto in  
fase autorizzativa

**SCENARIO CON IMPIANTO**



Scenari di gestione della  
medesima tipologia di  
rifiuto/refluo nel caso in  
cui l'impianto non venga  
autorizzato

**SCENARIO/I ALTERNATIVO/I**

# Definizione degli obiettivi dello studio e relativa impostazione

CON QUALI OBIETTIVI  
SONO SVOLTE LE ANALISI  
LCA PER UN IMPIANTO DA  
AUTORIZZARE?

- Individuare i **processi/le fasi** che **contribuiscono maggiormente** agli **impatti ambientali dell'opera** per indirizzare gli **sforzi progettuali** prioritariamente verso il **relativo miglioramento** prima dell'operatività
- Verificare la **reale convenienza ambientale** dello **scenario con l'impianto** rispetto a **scenari alternativi** senza impianto

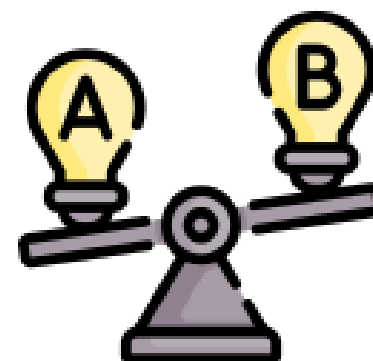


IMPOSTAZIONE di LCA COMPARATIVE



Scenario di gestione  
di una certa tipologia  
di rifiuto/refluo  
presso l'impianto in  
fase autorizzativa

SCENARIO CON IMPIANTO

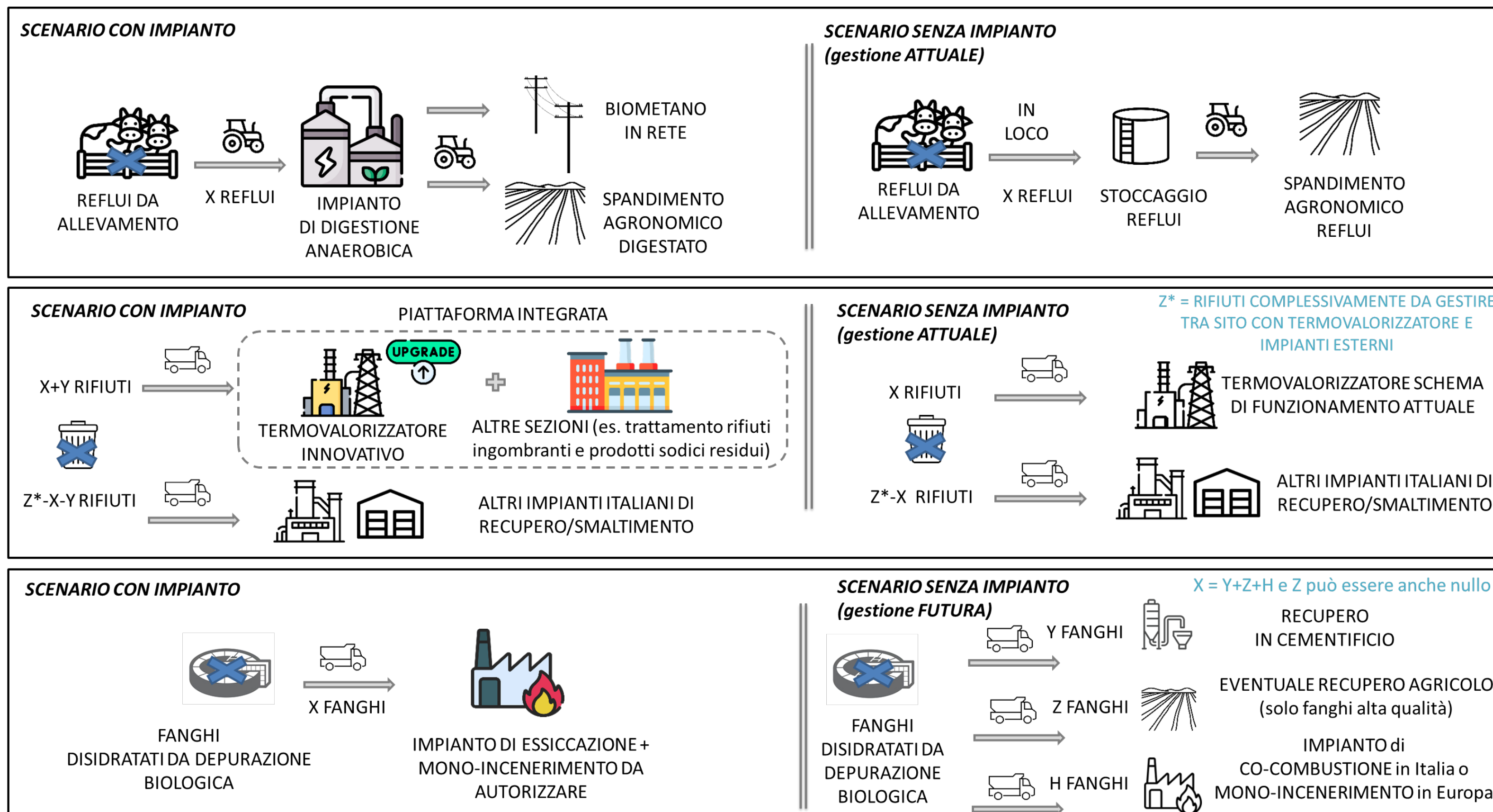


- **Difficoltà nel prevedere come cambia la gestione del rifiuto/refluo nei prossimi anni**
- **Può coincidere con lo scenario di gestione attuale (scenario *as it is*)**

SCENARIO/I ALTERNATIVO/I



# Esempi di definizione di scenari e confine del sistema



# Definizione unità funzionale e risoluzione casi di multifunzionalità

FUNZIONE PRINCIPALE  
COMUNE AGLI SCENARI  
COMPARATI:  
*TRATTAMENTO DI TOT  
RIFIUTO/REFLUO CON  
DETERMINATE  
CARATTERISTICHE*

## QUANTITÀ DI RIFIUTO/REFLUO DA GESTIRE

- Capacità di trattamento dell'opera richiesta in fase autorizzativa
- Gestione del quantitativo annualmente prodotto nel contesto geografico in cui si andrebbe a collocare l'impianto stesso

## COMPOSIZIONE DEL RIFIUTO/REFLUO DA GESTIRE (TRAMITE ANALISI SU CAMPIONI RAPPRESENTATIVI)

- Composizione merceologica
- Composizione elementare
- Contenuto energetico

SPESSO SISTEMI  
MULTIFUNZIONALI → oltre  
alla funzione principale,  
svolgono anche altre  
funzioni

- **Espansione del confine del sistema** includendo come credito il corrispondente **prodotto evitato** grazie al recupero di materia e/o energia che si verifica ([Finnveden](#) et al., 2009)
- Gestione di una singola tipologia di rifiuto, con conseguenze su piccola scala (**studi di tipologia A**; [EC-JRC, 2010](#)) → espansione con credito del **mix produttivo medio evitato**



# Categorie di impatto ambientale selezionabili

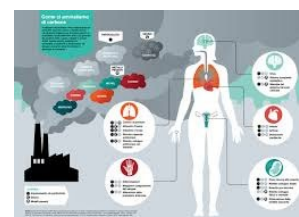
Per il calcolo degli impatti, la commissione Europea al momento raccomanda l'uso del metodo Environmental Footprint (EF)

**16** categorie di impatto con indicatore midpoint

**AMBIENTE**



**SALUTE  
UMANA**



**CONSUMO  
DI RISORSE**



- ☐ Cambiamenti climatici (kg CO<sub>2</sub> eq.)
- ☐ Riduzione dello strato di ozono (kg CFC-11 eq.)
- ☐ Formazione di ozono fotochimico (kg COVNM eq.)
- ☐ Acidificazione (moli H<sup>+</sup> eq.)
- ☐ Eutrofizzazione delle acque dolci (kg P eq.)
- ☐ Eutrofizzazione marina (kg N eq.)
- ☐ Eutrofizzazione terrestre (moli N eq.)
- ☐ Ecotossicità delle acque dolci (CTUe)

- ☐ Radiazione ionizzante, salute umana (kBq U235 eq.)
- ☐ Particolato (incidenza delle malattie)
- ☐ Tossicità umana, effetti non cancerogeni (CTUh)
- ☐ Tossicità umana, effetti cancerogeni (CTUh)

- ☐ Uso di suolo (Pt)
- ☐ Uso d'acqua (m<sup>3</sup> di acqua)
- ☐ Uso di risorse energetiche fossili (MJ)
- ☐ Uso di risorse, minerali e metalli (kg Sb eq.)

**CALCOLO IMPATTI a LIVELLO di CARATTERIZZAZIONE**

**e di PUNTEGGIO AMBIENTALE AGGREGATO (dopo NORMALIZZAZIONE e PESATURA)**

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Raccomandazione Europea [2021/2279](#)
- Fazio et al. (2018): [qui](#)
- Andreasi Bassi et al. (2023): [qui](#)
- Crenna et al. (2019): [qui](#)
- Sala et al. (2018): [qui](#)

# Raccolta dati di inventario

## SCENARIO CON IMPIANTO



- **NUOVO IMPIANTO** solitamente basato su una **TECNOLOGIA INNOVATIVA** → uso di **SCHEMI di PROCESSO** e **BILANCI** della **FASE di PROGETTAZIONE**
- **COMPLESSO** acquisire **DATI ROBUSTI** in **TEMPISTICHE ADEGUATE** (l'analisi viene condotta **CONTEMPORANEAMENTE** alla **PROGETTAZIONE**)
- In caso di incertezza sull'acquisizione di determinati parametri → **MODELLIZZAZIONE** secondo un **APPROCCIO CAUTELATIVO** (definizione dello scenario peggiore dal punto di vista dei carichi ambientali)



## SCENARIO SENZA IMPIANTO



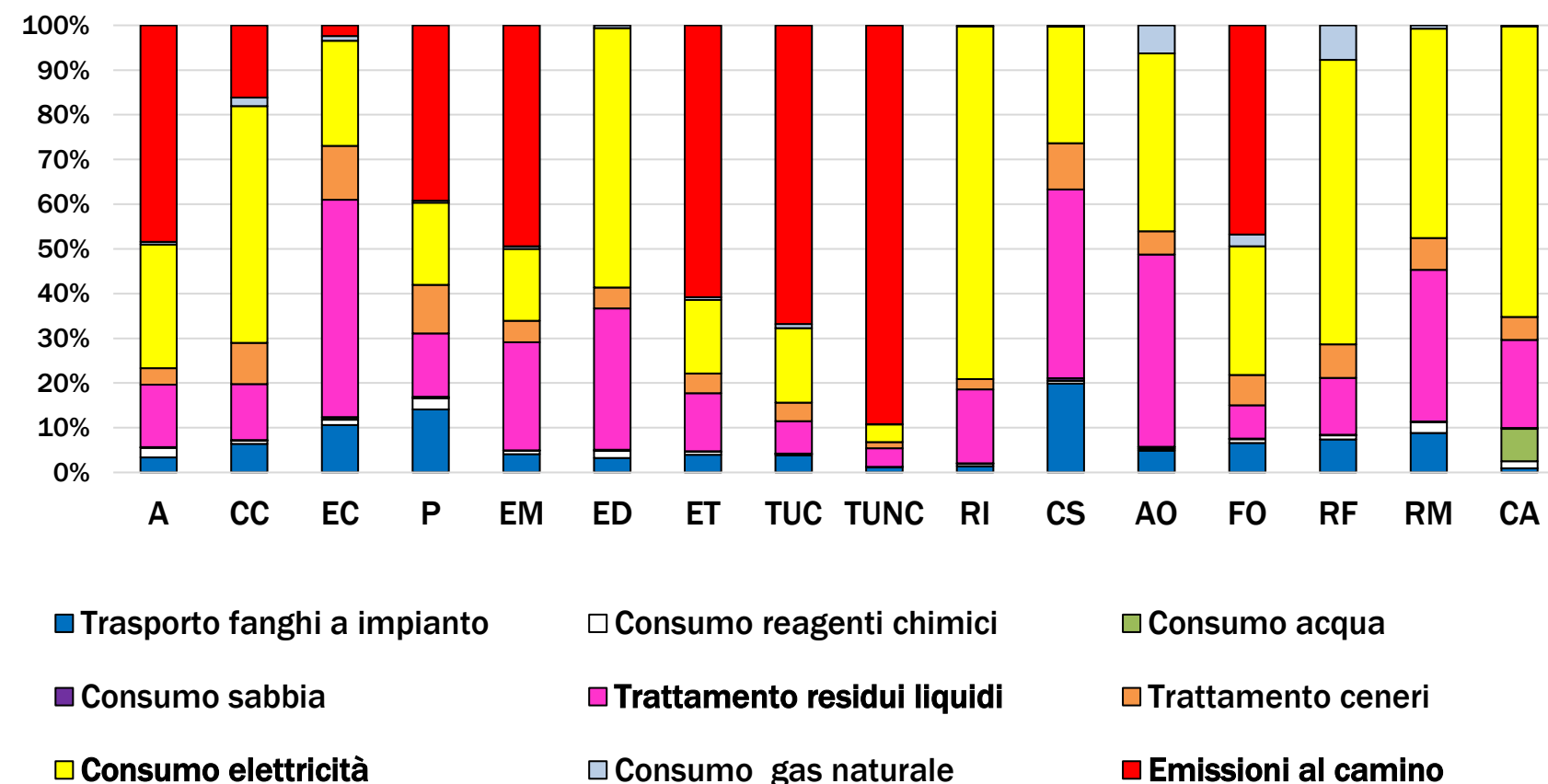
- **CONSULTAZIONE** di **REPORTISTICA AMBIENTALE** più **RECENTE** (es. dichiarazioni ambientali) per gli **IMPIANTI** che **ATTUALMENTE TRATTANO** il **RIFIUTO/REFLUO**, assumendo che le modalità operative rimangano analoghe nel prossimo futuro
- Difficoltà nel modellizzare **TRATTAMENTI EFFETTUATI** in contesti **FUORI** dall'**ITALIA**



# Tipologia di risultati ottenibili

SCENARIO CON IMPIANTO

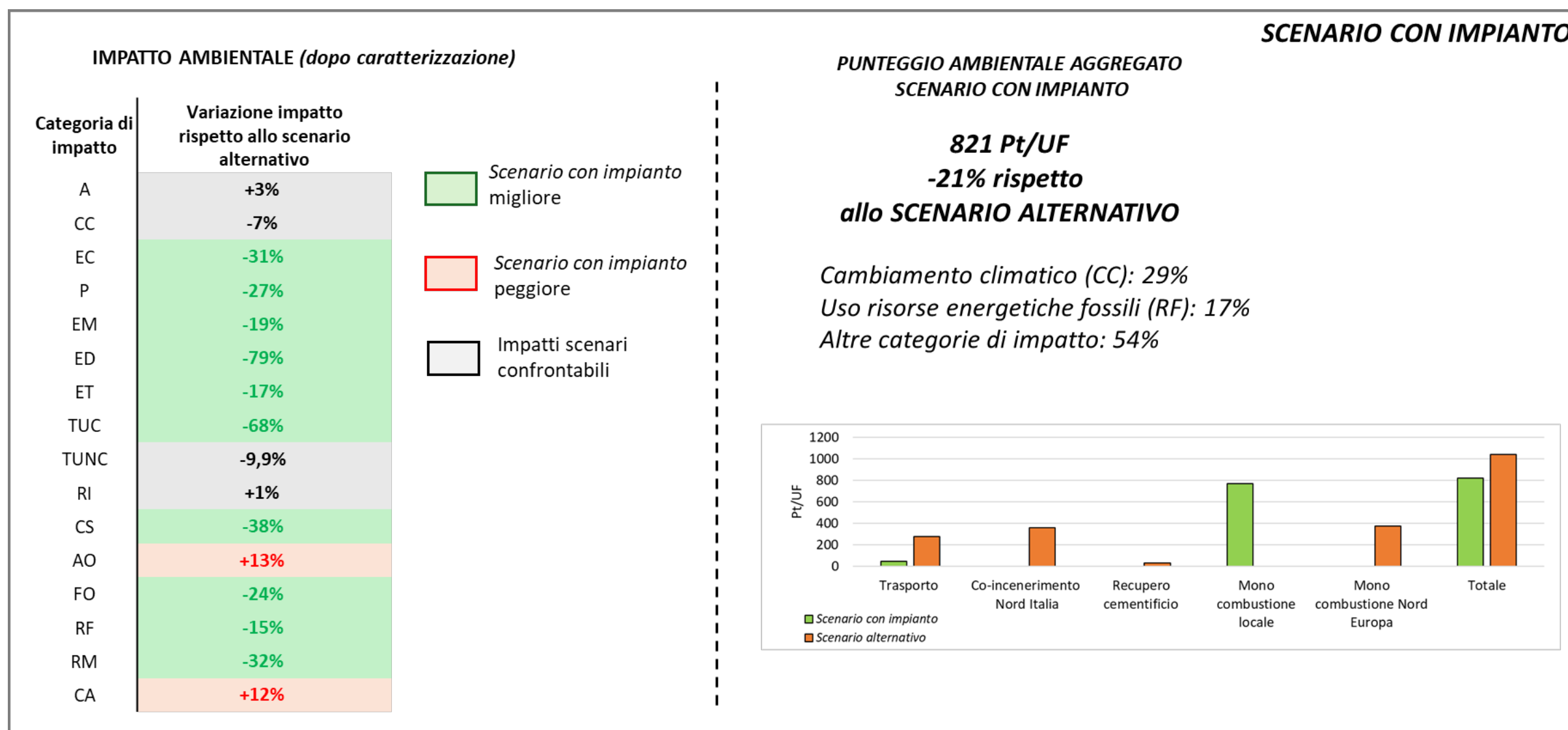
| Categoria | Valore per UF          | Unità di misura         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A         | + 5,7×10 <sup>4</sup>  | moli H <sup>+</sup> eq. | <i>A: acidificazione</i><br><i>CC: cambiamenti climatici</i><br><i>EC: ecotossicità acque dolci</i><br><i>P: particolato</i><br><i>EM: eutrofizzazione marina</i><br><i>ED: eutrofizzazione delle acque dolci</i><br><i>ET: eutrofizzazione terrestre</i><br><i>TUC: tossicità umana cancerogena</i><br><i>TUNC: tossicità umana non cancerogena</i><br><i>RI: radiazione ionizzante</i><br><i>CS: uso di suolo</i><br><i>AO: assottigliamento strato ozono</i><br><i>FO: formazione di ozono fotochimico</i><br><i>RF: uso risorse energetiche fossili</i><br><i>RM: uso risorse, minerali e metalli</i><br><i>CA: uso d'acqua</i> |
| CC        | + 9,2×10 <sup>6</sup>  | kg CO <sub>2</sub> eq.  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| EC        | + 5,4×10 <sup>7</sup>  | CTUe                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| P         | + 5,8×10 <sup>-1</sup> | Incid. malattia         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| EM        | + 2,1×10 <sup>4</sup>  | kg N eq.                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ED        | + 6,0×10 <sup>3</sup>  | kg P eq.                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ET        | + 2,3×10 <sup>5</sup>  | moli N eq.              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| TUC       | + 2,2×10 <sup>-2</sup> | CTUh                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| TUNC      | + 6,2×10 <sup>-1</sup> | CTUh                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| RI        | + 7,3×10 <sup>5</sup>  | kBq U-235 eq.           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CS        | + 6,7×10 <sup>7</sup>  | Pt                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| AO        | + 2,2×10 <sup>-1</sup> | kg CFC-11 eq.           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| FO        | + 6,2×10 <sup>4</sup>  | kg COVNM eq.            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| RF        | + 1,3×10 <sup>8</sup>  | MJ                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| RM        | + 2,5×10 <sup>1</sup>  | kg Sb eq.               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CA        | + 3,9×10 <sup>6</sup>  | m <sup>3</sup> acqua    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



- Quantificazione dell'impatto ambientale complessivo del ciclo di vita dell'impianto e relativa natura (segno +: **carico ambientale**; segno -: **beneficio ambientale** (! zero burden approach))
- Identificazione dei principali hotspots per ottimizzare la progettazione sia dell'impianto che delle attività ad esso connesse, prima che il progetto diventi operativo

# Tipologia di risultati ottenibili

CONFRONTO TRA GLI  
SCENARI



- Individuare per quante e quali categorie di impatto lo scenario con impianto sia migliore rispetto alle alternative e le motivazioni. Per differenze di impatto  $\leq 10\%$  gli scenari sono considerati confrontabili
- Confronto anche a livello di punteggio ambientale aggregato al fine di aiutare il decisore nella scelta definitiva e di identificare anche le categorie di impatto che contribuiscono maggiormente al punteggio complessivo
- Effettuare analisi di sensibilità e di break-even point per testare la variabilità dei risultati

# Conclusioni



## CRITICITÀ

- DEFINIZIONE DI SCENARI DI TRATTAMENTO ALTERNATIVI RAPPRESENTATIVI PER LO STUDIO → la gestione attuale non rappresenta sempre un'alternativa valida per il futuro a causa per esempio dell'introduzione di nuovi limiti normativi o della volontà di limitare lo smaltimento in discarica del rifiuto/refluo
- RACCOLTA DI DATI PRIMARI SOPRATTUTTO IN RELAZIONE ALLO SCENARIO CON IMPIANTO → le tecnologie sono solitamente processi innovativi: difficile acquisire dati robusti, in tempistiche idonee (l'analisi è svolta contemporaneamente alla fase di progettazione)



## POTENZIALITÀ

- STRUMENTO IMPORTANTE sia per i progettisti che per le autorità autorizzative PER DIMOSTRARE LA VALIDITÀ AMBIENTALE DEL PROGETTO rispetto alle alternative disponibili, indicando sotto quali condizioni e le motivazioni
- IDENTIFICAZIONE DEGLI HOTSPOTS AMBIENTALI DEL NUOVO IMPIANTO, consentendo di apportare eventuali modifiche nella definizione del layout e/o dei parametri operativi prima della costruzione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



ASSOCIAZIONE  
RETE ITALIANA LCA

*XIX Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA*

# Domande?



**Prof.ssa Lucia Rigamonti**  
**lucia.rigamonti@polimi.it**



**Blog di riferimento gruppo  
AWARE:**  
**<https://www.aware.polimi.it/>**