



XX CONVEGNO DELL'ASSOCIAZIONE RETE ITALIANA LCA

Colmare il divario tra dati secondari e primari nella LCA:

il caso della termovalorizzazione in Italia

Giulia Cavenago¹ · Camilla Tua¹ · Mario Grosso¹ · Lucia Rigamonti¹

¹ Politecnico di Milano: Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Gruppo di ricerca AWARE - Piazza Leonardo da Vinci 20133, Milano, Italia

LCA E METODI LIFE CYCLE-BASED PER LA MISURAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI PRODOTTI, SERVIZI, ORGANIZZAZIONI E SOLUZIONI CIRCOLARI

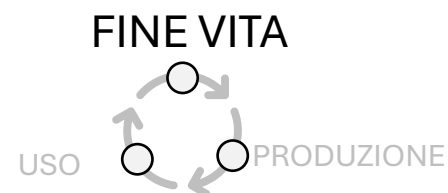
23-25 SETTEMBRE 2026 · UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO · DIPARTIMENTO JONICO · TARANTO



1

2

LIFE CYCLE ASSESSMENT



CONFRONTO TRA DIVERSI TRATTAMENTI

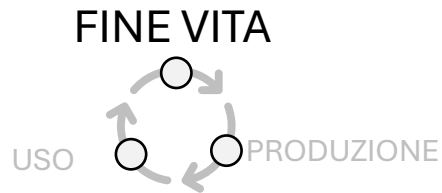


FONTI: ISPRA 2025a; ISPRA20 25b; ISPRA 2025c

LIFE CYCLE ASSESSMENT

FONTE DATI

1



DATI SECONDARI
(spesso il fine vita
non rappresenta un
hotspot)

**POSSIBILE
INACCURATEZZA**

2

CONFRONTO TRA DIVERSI TRATTAMENTI



DATI PRIMARI

**POSSIBILE COSTRUZIONE INDIPENDENTE DI DATASET
RIFERITI ALLO STESSO PROCESSO A PARTIRE DALLE
MEDESIME FONTI → DUPLICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI
RACCOLTA, ORGANIZZAZIONE E TRASCRIZIONE DEI DATI**



Sviluppo e condivisione di dataset di Life Cycle Inventory (LCI) nazionali e regionali per ridurre la potenziale inaccuratezza dei risultati LCA derivante dall'uso di dataset secondari spesso non rappresentativi delle realtà locali.

MAGGIORE RAPPRESENTATIVITÀ?



1

Analisi del dataset di ecoinvent

Datasets / treatment of municipal solid waste, municipal incineration

treatment of municipal solid waste, municipal incineration

Italy 2006-2025

v. 3.12

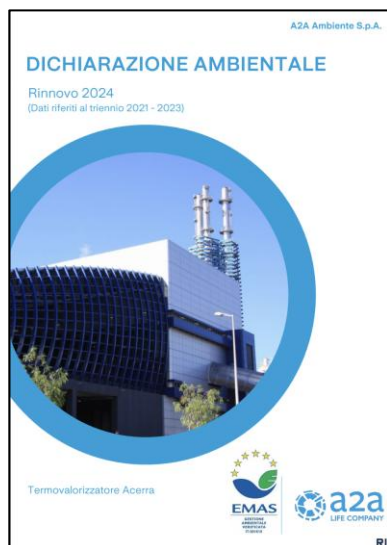


2

Analisi dei dati primari sui termovalorizzatori italiani

**DICHIARAZIONI
AMBIENTALI**

**RAPPORTO RIFIUTI
URBANI (ISPRA)**



15 TERMOVALORIZZATORI

**TRATTANO IL 70% IN
MASSA DEL RIFIUTO
URBANO TRATTATO NEI
TERMOVALORIZZATORI
ITALIANI NEL 2023**

FONTI: ISPRA 2024

3

Confronto tra i due
sia a livello di dati
di inventario che a
livello di impatti
ambientali





1

ecoinvent

~3500 dataset su rifiuti solidi (MSW) e acque reflue (WWT)

Revisione critica dal dataset:

Datasets / treatment of municipal solid waste, municipal incineration

treatment of municipal solid waste, municipal incineration

Italy 2006-2025



Rappresentatività tecnologica?
Temporale?

Trasparenza?

Informazioni riportate

Composizione merceologica; caratterizzazione chimica elementare; contenuto di Carbonio biogenico; potere calorifico inferiore; produzione di energia elettrica ed efficienza; produzione di energia termica ed efficienza; sequenza di tecnologie per trattamento fumi; contenuto metalli recuperati dalle ceneri pesanti



1

ecoinvent

~3500 dataset su rifiuti (MCM) e processi (AAAT)

Revisione critica

Datasets / treatment of municipal solid waste, municipal incineration

treatment of municipal solid waste, municipal incineration

Italy 2006-2025

Informazioni riportate

Composizione merceologica; caratterizzazione chimica elementare; contenuto di Carbonio biogenico; potere calorifico inferiore; produzione di energia elettrica ed efficienza; produzione di energia termica ed efficienza; sequenza di tecnologie per trattamento fumi; contenuto metalli recuperati dalle ceneri pesanti

Documentation**General comment**

The process represents the treatment of 'municipal solid waste' in a municipal solid waste incinerator (MSWI). Recommended use of this dataset: municipal incineration of mixed municipal waste. Inventoried waste contains several fractions: 9.24% Textiles, leather, rubber; 0.883% newsprint; 2.07% sanitary products; 2.01% wood; 0.326% vacuum cleaner bags; 5.91% animal-derived food waste; 19.8% vegetable food waste; 0.000699% glass packaging-clear; 0.000117% glass packaging-green; 1.02% glass packaging-brown; 0.0939% kitchen and table ware glass; 0.0537% other/special glass; 0.0986% ceramics; 0.375% cat litter; 1.17% metal packaging-non-ferrous; 1.42% metal packaging-ferrous; 0.532% non-packaging metal-ferrous; 0.779% non-packaging metal-non-ferrous; 1.2% plastic packaging-PET; 0.478% non-packaging plastic-PP; 0.0424% non-packaging plastic-PET; 2.01% non-packaging plastic-no label; 0.915% plastic packaging-HDPE; 1.44% plastic packaging-PP; 0.229% plastic packaging-PS; 0.161% plastic packaging-expanded PS; 1.48% plastic packaging-no label; 9.03% plastic packaging-foil; 0.886% plastic packaging-composite; 1.99% magazines and advertisement; 1.17% office/administrative paper; 0.225% books; 11% tissue paper; 0.765% other paper; 11.5% cardboard and paperboard; 0.013% paper and cardboard composites; 2.05% plant material; 0.185% woody plant material; 0.49% humus; 0.0237% animal excrements-dog; 0.0118% animal excrements-cat; 6.73% WEEE and other hazardous waste; 0.157% Batteries.

1

ecoinvent

~3500 dataset su rifiuti solidi (MSW) e acque reflue (WWT)

Revisione critica dal dataset:

Datasets / treatment of municipal solid waste, municipal incineration

treatment of municipal solid waste, municipal incineration

Italy 2006-2025

Rappresentatività tecnologica?
Temporale?

Trasparenza?

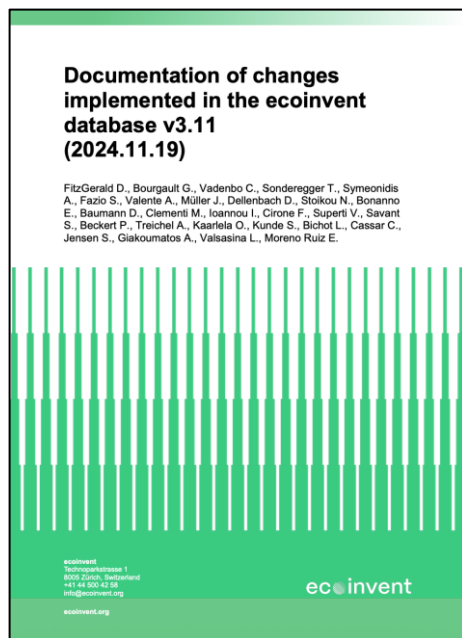
Informazioni riportate

Composizione merceologica; caratterizzazione chimica elementare; contenuto di Carbonio biogenico; potere calorifico inferiore; produzione di energia elettrica ed efficienza; produzione di energia termica ed efficienza; sequenza di tecnologie per trattamento fumi; contenuto metalli recuperati dalle ceneri pesanti

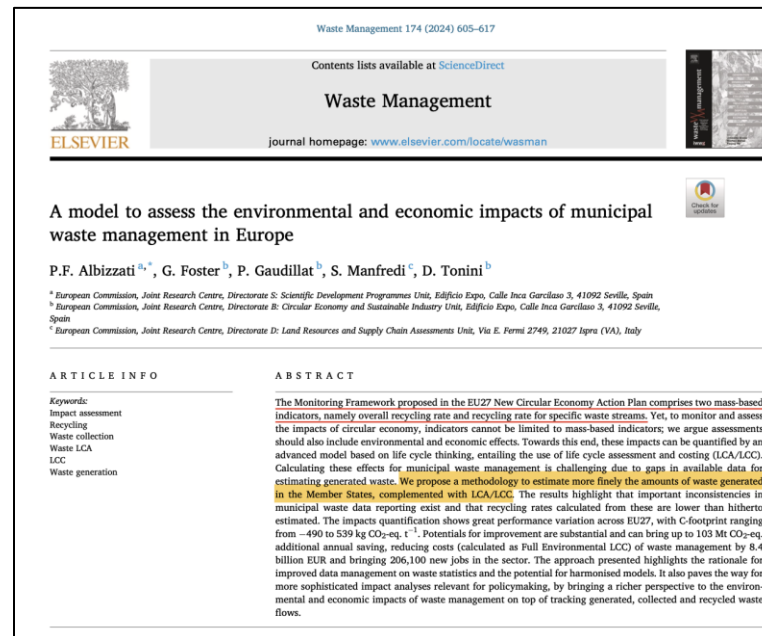
- Assenza di fonte dei dati
- «i parametri di modellazione che influenzano la tecnologia di trattamento non sono specifici di questa area geografica», ma del *mix tecnologico riscontrato in Svizzera nel 2012*»
- La modellizzazione segue una logica *waste-specific*



Dialogo con ecoinvent



Change report v3.11



Albizzati et al. 2024



Log in EN Enter search term

Data Browser

Database Bulk download Info Help

Home > Database > Environment and energy > Environment > Waste > Waste generation and treatment >

Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations

Access dataset Download data Show in data tree Access metadata Share

Additional Information

Structure: Default Structure: Full dataset (env_wastrt)

Online data code: env_wastrt

Source of data: Eurostat

Statistical theme: Environment and energy

Last data update: 23/09/2025 23:00 (11 months ago)

Eurostat (2023)

Le fonti fornite hanno permesso di verificare la composizione riportata nella documentazione, tuttavia il dialogo è in corso per altri dati come l'efficienza elettrica/termica «...*Gross electric efficiency technology mix 25% and Gross thermal efficiency technology mix 13%...*»



2

DICHIARAZIONI
AMBIENTALI

Informazioni riportate (annualmente)

Quantità di rifiuto trattato; produzione di energia elettrica e termica; tipologia di forno di combustione; tecnologia di trattamento dei fumi; reagenti chimici utilizzati; consumi idrici; combustibile di supporto; autoconsumi di energia elettrica; residui solidi e liquidi di processo; emissioni al camino

8 Bilancio a

Di seguito si riportano

MATERIE PRIME: CHEMICALS

L'impianto in fase di marcia impiega diversi prodotti chimici, utilizzati soprattutto per l'abbattimento degli inquinanti, per la produzione di acqua demineralizzata e per il trattamento delle acque di prima pioggia. Nello specifico, le principali sostanze chimiche

Tabella 18 Rifiuti prodotti (tonn)

SEZIONE DI PRODUZIONE	DESCRIZIONE RIFIUTI	CODICE EER	Pericoloso / Non pericoloso	Anno			DESTINAZIONE
				2021	2022	2023	
Officina meccanica	Ferro e Acciaio	170405	NP	21	9	1	Recupero
Sezione di combustione	Scorie	190112	NP	0	87	3.346	Smaltimento
Sezione di combustione	Scorie	190112	NP	29.092	27.623	27.261	Recupero
Sezione depurazione fumi (1° stadio)	Residui da depurazione fumi (Prodotto Calcico Residuo - PCR) e ceneri volanti	190105	P	2.402	427	386	Smaltimento
				1.697	3.545	4.163	Recupero
Vasca di raccolta acque di raffreddamento scorie	Acque da spegnimento scorie e condense (Analizzatore Mercurio)	190106	P	144	117	146	Smaltimento
Sezione depurazione fumi (2° stadio)	Residui da depurazione fumi (Prodotto Sodico Residuo - PSR)	190107	P	321	304	313	Recupero

FONTE: ESTRAZIONE DA SOFTWARE DI GESTIONE RIFIUTI – PESO A DESTINO

Risorse utilizzate	Reagenti	A27	Soda caustica	t	196,94	133,72	124,45	92,10	130,08
		A28	Acido cloridrico	t	218,95	168,94	188,01	151,16	138,44
		B1	E.E. prodotta	MWh	269.378,84	267.699,73	251.264,32	247.948,64	241195,47



2

DICHIARAZIONI
AMBIENTALI

Informazioni riportate (annualmente)

Quantità di rifiuto trattato; produzione di energia elettrica e termica; tipologia di forno di combustione; tecnologia di trattamento dei fumi; reagenti chimici utilizzati; consumi idrici; combustibile di supporto; autoconsumi di energia elettrica; residui solidi e liquidi di processo; emissioni al camino

- I dati sono stati trascritti in formato editabile (Microsoft Excel) per creare matrici di inventario trasparenti e accessibili.
- tramite il framework Brightway 2.5 (Mutel, 2017) e l'utilizzo di altre librerie Python, ogni flusso di input/output primario (es. 10 kg di bicarbonato) è stato mappato verso i corrispondenti processi di background del database ecoinvent v3.12 (es. *sodium bicarbonate soda production, solvay process*), garantendo comunicazione con altri database come ecoinvent





3



CONFRONTO TRA I DATI

WTE_ACERRA
WTE_BRESCIA
WTE_FORLI
WTE_MODENA
WTE_SANVITTORE

WTE_AREZZO
WTE_CORIANO
WTE_GRANAROLO
WTE_PADOVA
WTE_TORINO

WTE_BERGAMO
WTE_FERRARA
WTE_MILANO
WTE_POZZILLI
WTE_TRIESTE

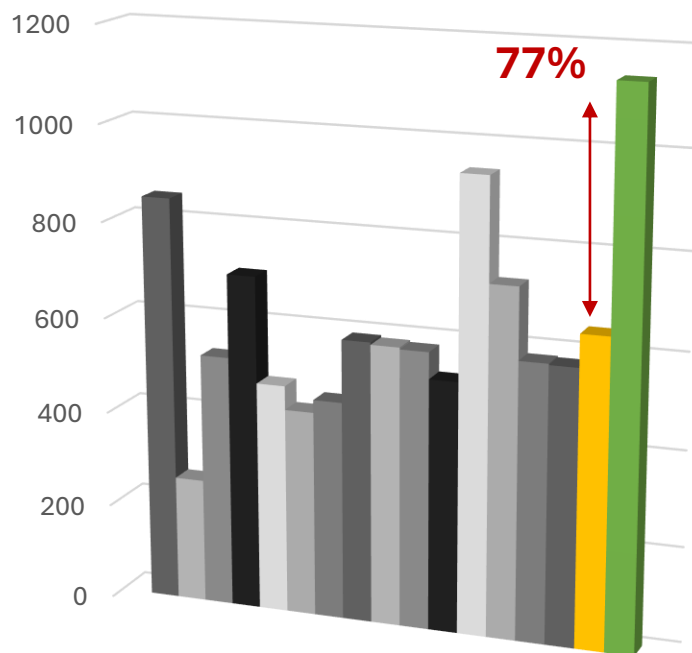
WTE_MEDIA PESATA

ECOINVENT

Media pesata TV italiani

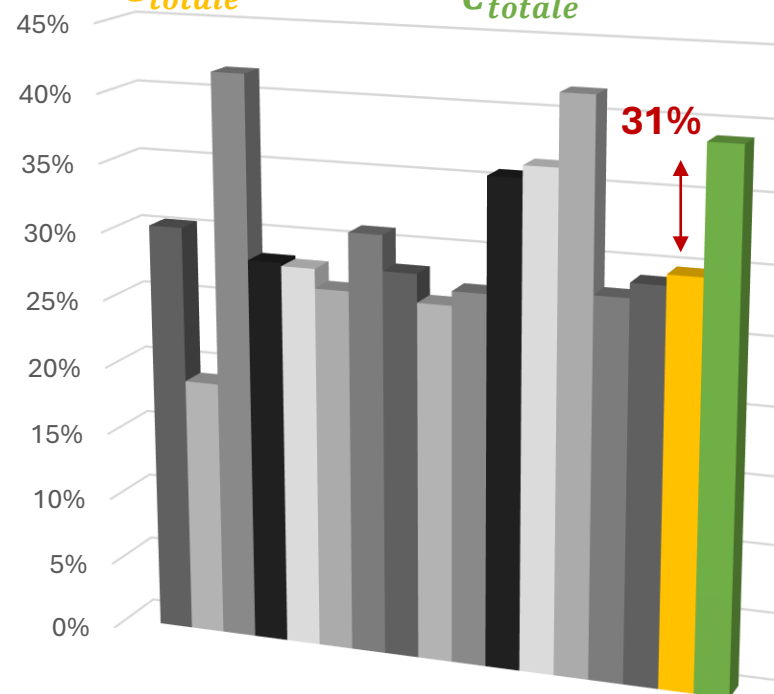
ecoinvent

Produzione netta di energia elettrica (Wh/kg rifiuto)

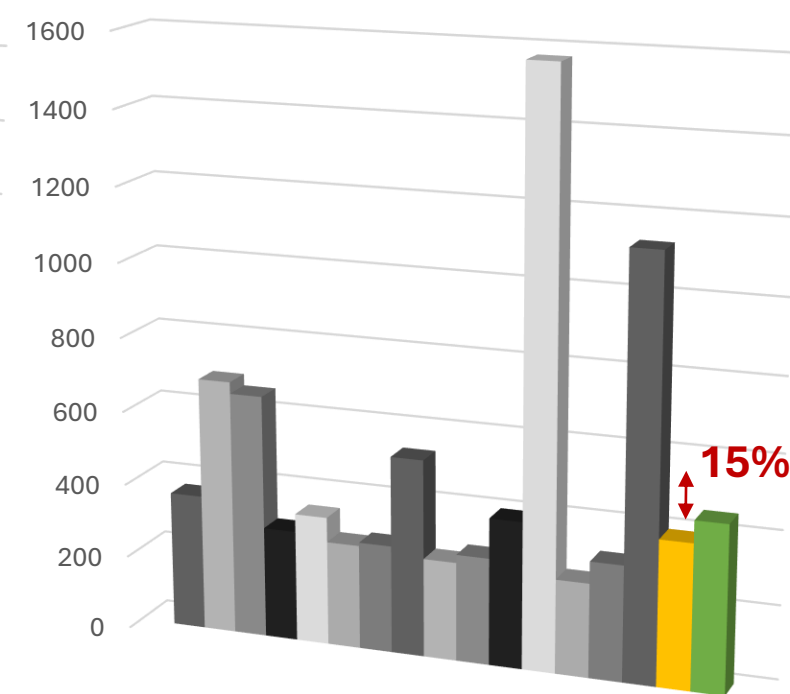


Contenuto di carbonio nel rifiuto (%)

$$\frac{C_{fossile}}{C_{totale}} = 51\%$$
$$\frac{C_{fossile}}{C_{totale}} = 45\%$$



Emissioni in aria di ossidi di azoto (mg/kg rifiuto)



3


CONFRONTO
TRA I DATI

Tecnologie di
trattamento dei fumi:

Nota: le percentuali sono calcolate sulla massa del rifiuto trattato

ECOINVENT:

- **Depolverazione** → elettrofiltro
- **Rimozione gas acidi** → depurazione a umido con calce
- **Rimozione Ossidi di azoto** → 25% SNCR e 75% SCR con ammoniaca

SNCR: Riduzione Selettiva Non Catalitica

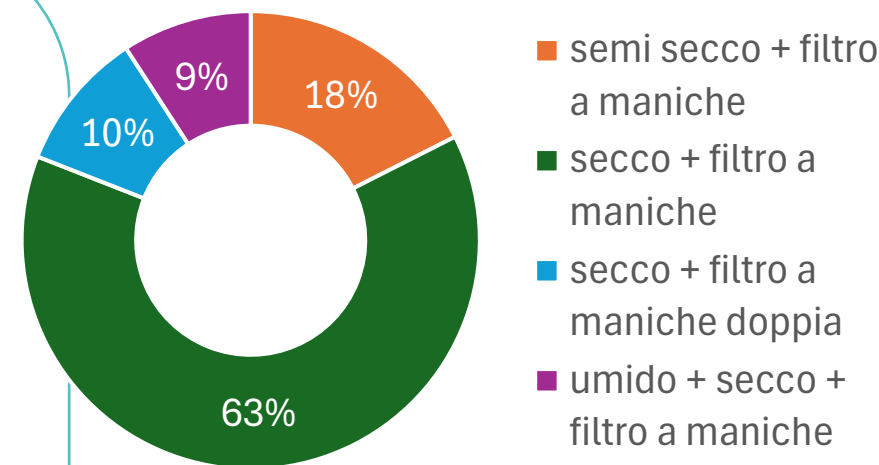
SCR: Riduzione Selettiva Catalitica

TERMOVALORIZZATORI ITALIANI

- **Depolverazione** → avviene principalmente con filtro a maniche (singolo o doppio) e talvolta è presente anche elettrofiltro (40%)
- **Rimozione gas acidi** → avviene principalmente depurazione a secco o semisecco con bicarbonato di sodio (39%), calce (29%) o entrambi (32%)
- **Rimozione Ossidi di azoto** → 8% SNCR, 49% SCR, 44% SCR + SNCR con ammoniaca (67%), urea (22%) o entrambi (12%)

FONTI: Utilitalia 2022; dichiarazioni ambientali

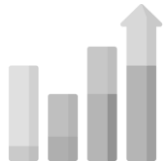
RIMOZIONE GAS ACIDI



DOPPIA FILTRAZIONE (filtro elettrostatico + filtro a maniche o doppio filtro a maniche) finalizzato alla separazione delle polveri dai sali di reazione di neutralizzazione per eventuale recupero



3

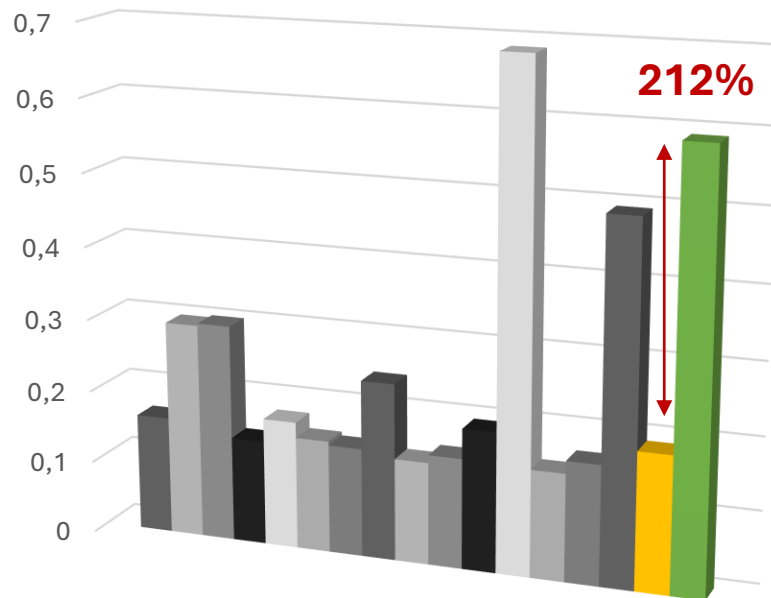


CONFRONTO DEGLI IMPATTI

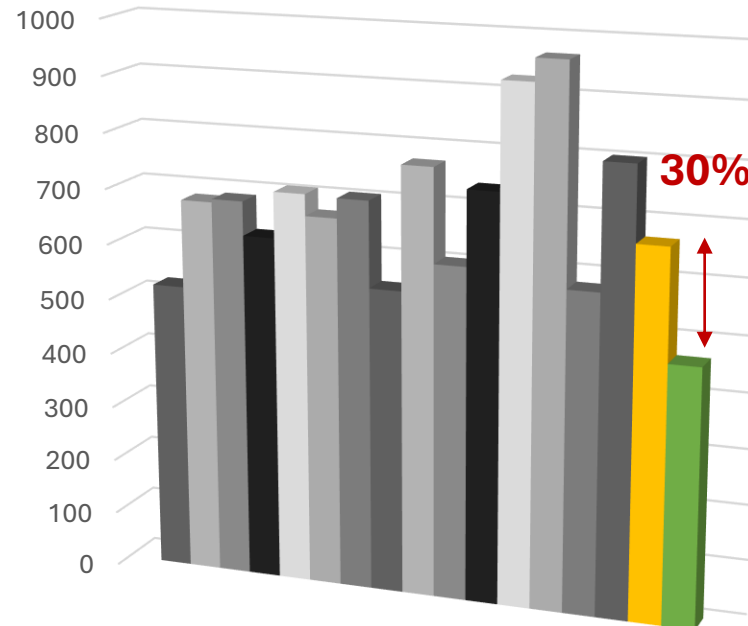


- Metodo Environmental Footprint 3.1 (Andreasi et al., 2023)
- allocation, cut-off by classification

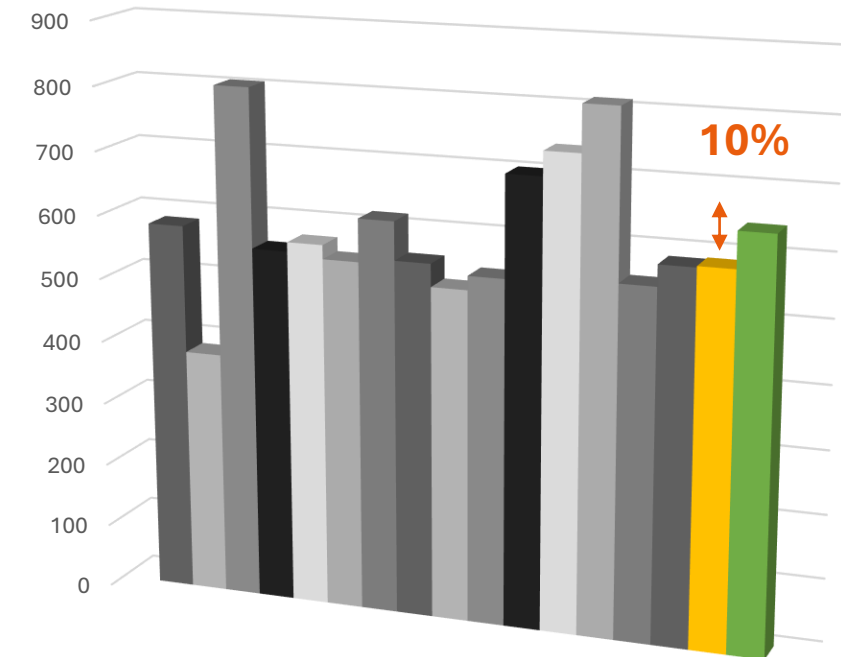
EUTROFIZZAZIONE MARINA (kg N eq/t waste)



CONSUMO DI RISORSE FOSSILI (MJ/t waste)



CAMBIAMENTO CLIMATICO (kg CO2eq/t waste)





Conclusioni e sviluppi futuri

- ecoinvent stima le emissioni sulla base della composizione merceologica del rifiuto, mentre la modellizzazione qui sviluppata utilizza dati primari di emissione misurati direttamente al camino.
- La tracciabilità delle fonti utilizzate nel dataset ecoinvent non è immediata. È stato quindi suggerito a ecoinvent, come possibile miglioramento, di riportare direttamente nella documentazione del dataset le principali fonti utilizzate (es. Albizzati et al., 2024; Eurostat).
- L'implementazione dei rimanenti impianti italiani è in corso. La media del dataset finale sarà confrontata con quella del dataset ecoinvent per verificare se l'inclusione degli impianti mancanti ridurrà le differenze osservate nel campione attuale o se confermerà la divergenza rispetto al dataset regionalizzato proposto da ecoinvent
- Automazione dell'estrazione dei dati dalle dichiarazioni ambientali → sviluppo di un codice in RStudio per l'estrazione automatica dei dati dai PDF in formato editabile. Il controllo manuale rimane necessario per correggere eventuali errori di estrazione; il codice è stato tuttavia adattato ai diversi formati utilizzati dai gestori e potrà essere applicato alle dichiarazioni degli anni successivi.



BIBLIOGRAFIA 1/2

A2A Ambiente, 2024. Dichiarazioni Ambientali 2023 per i Termoutilizzatori di Brescia, Milano, Acerra. Gruppo A2A. Disponibile su:

<https://www.gruppoa2a.it/it/chi--siamo/documentazione/dichiarazioni-ambientali>

Acea Ambiente, 2024. Dichiarazione Ambientale 2023: Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio. Gruppo Acea. <https://www.a-ambiente.it/>

Andreasi, B, S, Biganzoli, F, Ferrara, N, Amadei, A, Valente, A, Sala, S, Ardente, F, 2023. Updated characterisation and normalisation factors for the Environmental Footprint 3.1 method.

Boulay, AM, Bare, J, Benini, L, Berger, M, Lathuillière, MJ, Manzardo, A, Margni, M, Motoshita, M, Núñez, M, Pastor, AV, Ridoutt, B, Oki, T, Worbe, S, Pfister, S, 2018. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(2), 368-378.

Doka, G, 2013. Updates to Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services-part II: waste incineration. Doka Life Cycle Assessments, Zurich, 2013.

ecoinvent Association, 2024a. Waste Management and Recycling, viewed 20 Mar 2026, <https://support.ecoinvent.org/waste-management-and-recycling>

ecoinvent Association, 2024b. Waste System models, viewed 15 Mar 2026, https://support.ecoinvent.org/system-models#Substitution_Consequential_LongTerm

ecoquery, 2025. Dataset related to treatment of municipal solid waste, municipal incineration, municipal solid waste {IT},{FR},{BE}, {CH} available for purchase

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.12/cutoff/dataset/30358/documentation>;

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.12/cutoff/dataset/30244/documentation>;

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.12/cutoff/dataset/27975/documentation>;

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.12/cutoff/dataset/94041/documentation>



BIBLIOGRAFIA 2/2

- ISPRA, 2024. Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2024 con i dati relativi all'anno 2023. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- ISPRA, 2025a. Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2025 con i dati relativi all'anno 2024. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- ISPRA, 2025b. Rapporto Rifiuti Speciali- Edizione 2025 con i dati relativi all'anno 2023. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- ISPRA, 2025c. Italian Emission Inventory 1990-2023. Informative Inventory Report 2025. Rapporti 423/2025
<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-emission-inventory-1990-2023-informative-inventory-report-2025>
- LEAP, 2021. Trattamento e Recupero delle ceneri pesanti da incenerimento <https://www.mater.polimi.it/trattamento-e-recupero-delle-ceneri-pesanti-da-incenerimento/>
- Kirchherr, J, Reike, D, Hekkert, M, 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, conservation and recycling, 127, 221-232.
- Mutel, C, 2017. Brightway: an open source framework for life cycle assessment. Journal of Open Source Software, 2(12), 236
- PRTRM, 2024. Dichiarazione Ambientale 2023. Gruppo Iren. Disponibile su: <https://trm.to.it>
- Turconi, R, Butera, S, Boldrin, A, Grosso, M, Rigamonti, L, Astrup, T, 2011. Life cycle assessment of waste incineration in Denmark and Italy using two LCA models. Waste Management and Research (10 suppl.), 78-90.
- Utilitalia, 2022. Rapporto sul recupero energetico da rifiuti in Italia.
- Wernet, G, Bauer, C, Steubing, B, Reinhard, J, Moreno-Ruiz, E, Weidema, B, 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The international journal of life cycle assessment. 21(9), 1218-1230.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Giulia Cavenago

Politecnico di Milano: Dipartimento di
Ingegneria Civile e Ambientale – gruppo di
ricerca AWARE

giulia.cavenago@polimi.it



**POLITECNICO
MILANO 1863**



Assessment on WASTE
and RESOURCES

XX CONVEGNO DELL'ASSOCIAZIONE RETE ITALIANA LCA

LCA E METODI LIFE CYCLE-BASED PER LA MISURAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI PRODOTTI,
SERVIZI, ORGANIZZAZIONI E SOLUZIONI CIRCOLARI

23-25 SETTEMBRE 2026 · UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO · DIPARTIMENTO JONICO · TARANTO