

# Approfondimento delle fasi di normalizzazione e pesatura e loro utilizzo in studi LCA applicati ai rifiuti



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

Giornata di studio  
**Rifiuti e Life Cycle Thinking**

Per lo sviluppo di un'economia sostenibile

5<sup>a</sup> edizione

martedì 9 marzo 2021



Assessment on WASTE  
and REsources

1

Metodologia  
LCA

2

Descrizione  
delle fasi

3

Normalizzazione  
Pesatura

4

Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti

## LIFE CYCLE ASSESSMENT



AMBITO E OBIETTIVI



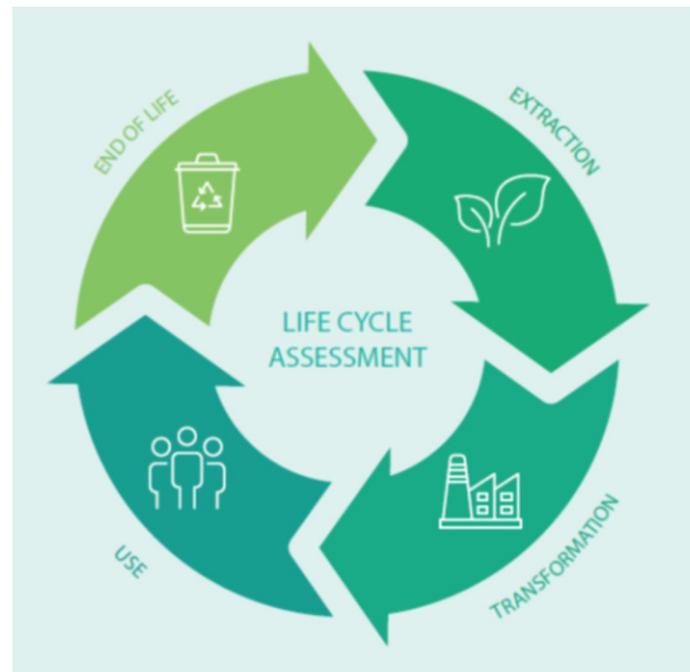
ANALISI DI INVENTARIO



VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI



INTERPRETAZIONE



1

Metodologia  
LCA

2

Descrizione  
delle fasi

3

Normalizzazione  
Pesatura

4

Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti



## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

**3 fasi obbligatorie:**

**3 fasi opzionali:**



## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

### 3 fasi obbligatorie:

- Scelta delle categorie di impatto
- Classificazione
- Caratterizzazione

### 3 fasi opzionali:

CONSUMO DELLE RISORSE

CAMBIAMENTO CLIMATICO

ACIDIFICAZIONE

USO DEL SUOLO



## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

### 3 fasi obbligatorie:

- Scelta delle categorie di impatto
- Classificazione
- Caratterizzazione

### 3 fasi opzionali:



ISO 14044  
ILCD Handbook  
PEF guide

- Normalizzazione
- Raggruppamento
- Pesatura

CONSUMO DELLE RISORSE

CAMBIAMENTO CLIMATICO

ACIDIFICAZIONE

USO DEL SUOLO



## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

## 3 fasi obbligatorie:

- Scelta delle categorie di impatto
- Classificazione
- Caratterizzazione

## 3 fasi opzionali:

ISO 14044  
ILCD Handbook  
PEF guide

- Normalizzazione
- Raggruppamento
- Pesatura

CONSUMO DELLE RISORSE

CAMBIAMENTO CLIMATICO

ACIDIFICAZIONE

USO DEL SUOLO

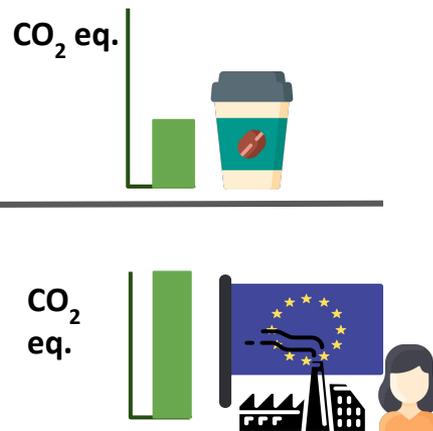
**OPTIONAL****MANDATORY?**

ISO/WD TS 14074  
Aggiornamenti PEF

## NORMALIZZAZIONE

*Cambiamento climatico :  
Impatto normalizzato*

=



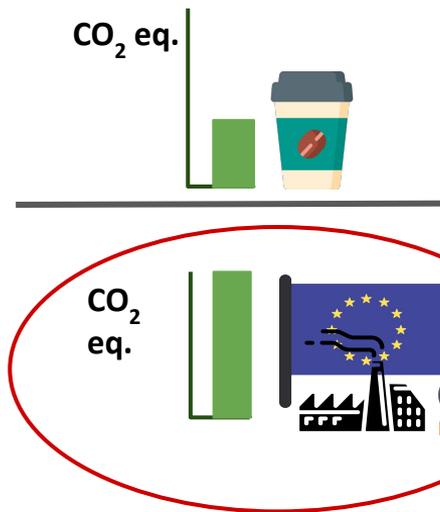
*per ogni categoria di impatto*

# NORMALIZZAZIONE

per ogni categoria di impatto

*Cambiamento climatico :  
Impatto normalizzato*

=



fattore di normalizzazione(NF)

# NORMALIZZAZIONE

per ogni categoria di impatto

*Cambiamento climatico :*  
*Impatto normalizzato*

=



fattore di normalizzazione(NF)



**Interpretare** il significato relativo



**Controllare** la plausibilità dei risultati



**Scalare** i risultati

$n^{\circ} NF = n^{\circ} \text{ categorie di impatto}$

## PESATURA

*Qual è l'importanza di ogni categoria di impatto?*



## PESATURA

*Qual è l'importanza di ogni categoria di impatto?*



Comparazione delle categorie di impatto per risolvere **trade-offs** e **guidare i decisori** nelle scelte



Aggregare i risultati in un unico punteggio

$$overall\_score = \sum_{i=1}^n NI_i \times w_i$$



Metodologia  
LCA



Descrizione  
delle fasi



Normalizzazione  
Pesatura



Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti

## APPROCCI DI NORMALIZZAZIONE

**INTERNO**

**ESTERNO**

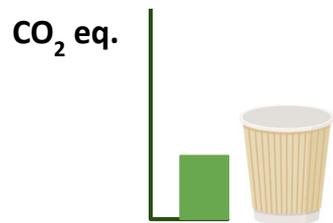
**ASSOLUTO**

## APPROCCI DI NORMALIZZAZIONE

INTERNO



ESTERNO



ASSOLUTO

*Confronto con un'alternativa*

## APPROCCI DI NORMALIZZAZIONE

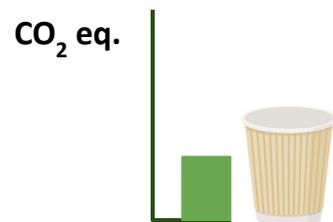
**INTERNO**



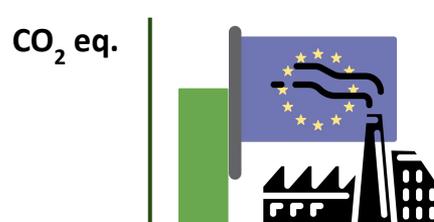
**ESTERNO**



**ASSOLUTO**



*Confronto con un'alternativa*



*Confronto con un contesto più ampio*

## APPROCCI DI NORMALIZZAZIONE

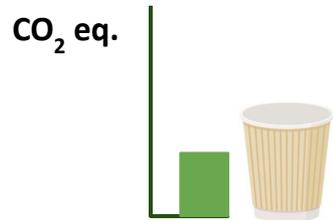
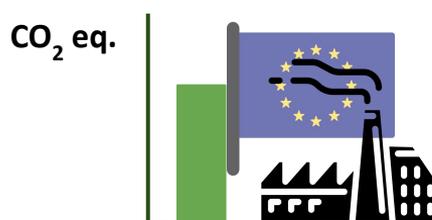
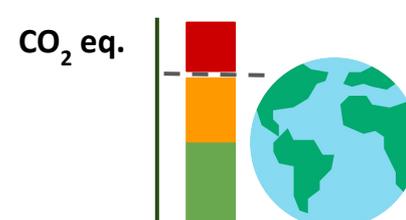
INTERNO



ESTERNO



ASSOLUTO

*Confronto con un'alternativa**Confronto con un contesto più ampio**Confronto con i limiti planetari*

## Product Environmental Footprint (PEF) Racc. 2013/179/UE



JRC TECHNICAL REPORTS

Suggestions for updating the  
Product Environmental Footprint  
(PEF) method

Zampori L, Part II

2019



- scala globale
- impatti pro-capite
- anno 2010

ESTERNO



*Confronto con un contesto più ampio*



## SVANTAGGI

- completezza e affidabilità dei dati di inventario
- robustezza delle metodologie di impatto
- scelte metodologiche (es. import/export)



## RACCOMANDAZIONI

- Scelta di fattori di normalizzazione adeguati allo studio
- condurre analisi di sensibilità e incertezza
- testare più sistemi di riferimento

1

Metodologia  
LCA

2

Descrizione  
delle fasi

3

Normalizzazione  
Pesatura

4

Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti

## APPROCCI DI PESATURA

**BINARIO**

**DISTANCE TO  
TARGET**

**PANEL BASED**

**MONETARIO**

*2018, Development of a weighting approach for  
the Environmental Footprint (JRC106545),  
Sala et Al.*

1

Metodologia  
LCA

2

Descrizione  
delle fasi

3

Normalizzazione  
Pesatura

4

Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti

## APPROCCI DI PESATURA

**BINARIO**

DISTANCE TO  
TARGET

PANEL BASED

MONETARIO



**FOOTPRINT**



**PESI UGUALI**

## APPROCCI DI PESATURA

BINARIO

DISTANCE TO  
TARGET

PANEL BASED

MONETARIO



FOOTPRINT

PESI UGUALI



$$w_i = \frac{N_i}{T_i}$$

$w_i$  is labeled as **peso di Acidificazione** (weight of acidification).  
 $N_i$  is labeled as **CO<sub>2</sub> eq. per Europa** (CO<sub>2</sub> equivalents per Europe).  
 $T_i$  is labeled as **CO<sub>2</sub> eq. con obiettivi di riduzione raggiunti** (CO<sub>2</sub> equivalents with reduction objectives achieved).

1

Metodologia  
LCA

2

Descrizione  
delle fasi

3

Normalizzazione  
Pesatura

4

Uso delle fasi in  
studi LCA sui rifiuti

## APPROCCI DI PESATURA

BINARIO

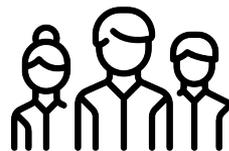
DISTANCE TO  
TARGET

PANEL BASED

MONETARIO



FOOTPRINT



PESI UGUALI

$$w_i = \frac{N_i}{T_i}$$

CO<sub>2</sub> eq. per Europa

CO<sub>2</sub> eq. con obiettivi di riduzione raggiunti

peso di Acidificazione

## APPROCCI DI PESATURA

BINARIO

DISTANCE TO  
TARGET

PANEL BASED

MONETARIO



FOOTPRINT

PESI UGUALI



$$w_i = \frac{N_i}{T_i}$$

$N_i$  → CO<sub>2</sub> eq. per Europa  
 $T_i$  → CO<sub>2</sub> eq. con obiettivi di riduzione raggiunti  
 peso di Acidificazione



quanto la popolazione è  
pronta a spendere per  
ridurre gli impatti?

## Product Environmental Footprint (PEF) Racc. 2013/179/UE



- **approccio ibrido  
(panel+evidence-based)**





## SVANTAGGI

- risultati con diversi approcci possono variare molto
- la pesatura non può essere usata in asserzioni comparative destinate ad essere divulgate al pubblico
- si trascina le incertezze di tutte le fasi precedenti



## RACCOMANDAZIONI

- Tener conto della robustezza delle fasi precedenti
- Testare diversi approcci

## PERCEZIONE DELLA COMUNITÀ LCA

Life Cycle  
Initiative




SONDAGGIO  
257 partecipanti



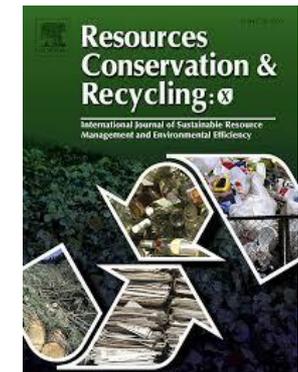
2015-2016

### NORMALIZZAZIONE E PESATURA

- *Rilevanti per prendere delle decisioni.*
- *Contengono **incertezze**, approcci **poco robusti**.*
- ***Scegliere** l'approccio più adatto è **difficile**.*

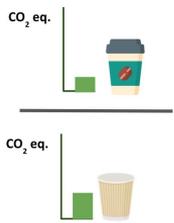
## USO DELLE FASI IN STUDI LCA APPLICATI AI RIFIUTI

- Waste Management Journal e Resources, Conservation and Recycling
- 2019-2020
- Studi considerati: 115



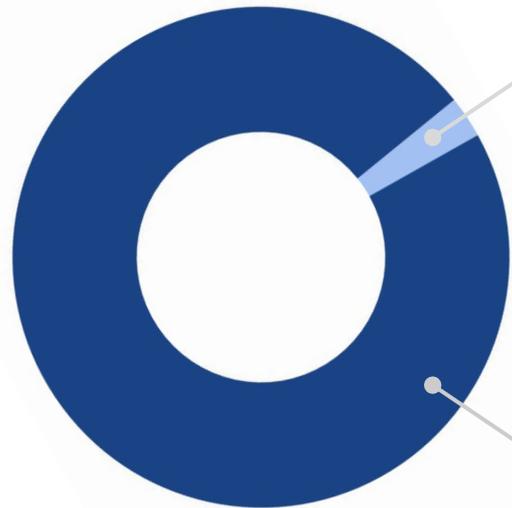
### NORMALIZZAZIONE

**INTERNA**



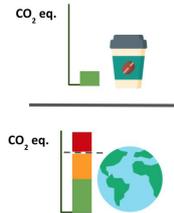
*applicata a quasi tutti gli studi comparativi*

 *solo in 2 casi è seguito da pesatura*



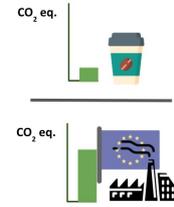
**ASSOLUTA**

3%



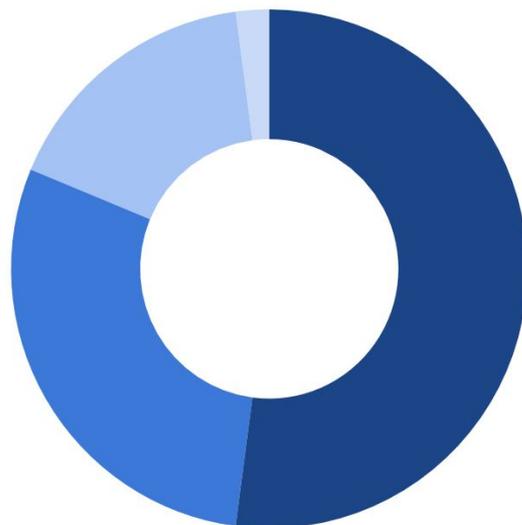
**ESTERNA**

97%



Esclusa la normalizzazione interna

## PESATURA

BINARIO:  
footprint  
pesi uguali

PANEL BASED

DISTANCE TO  
TARGET

MONETARIO

META  
MODELLI*non sono mai usati*

● footprint ● pesi uguali ● panel based ● distance to target

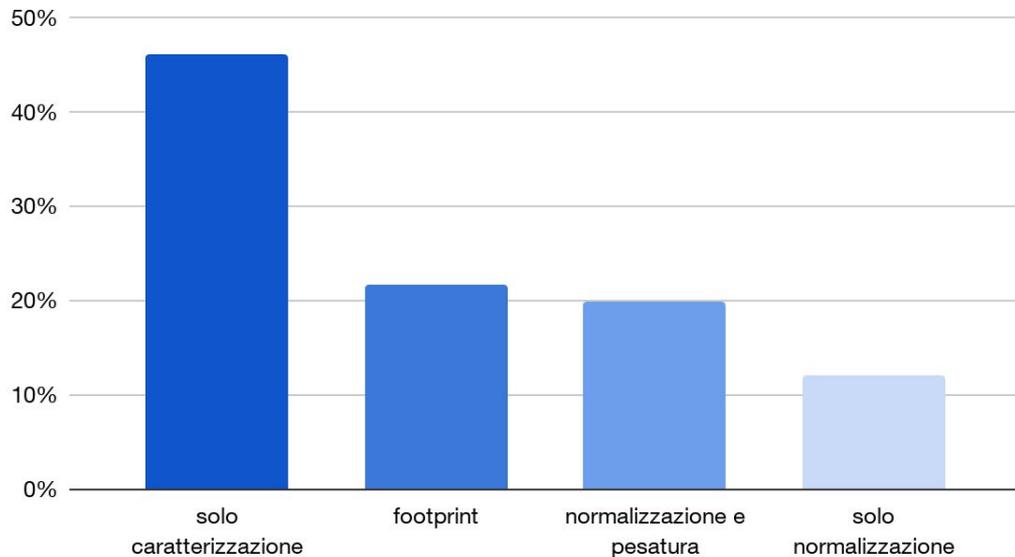
52%

29%

17%

2%

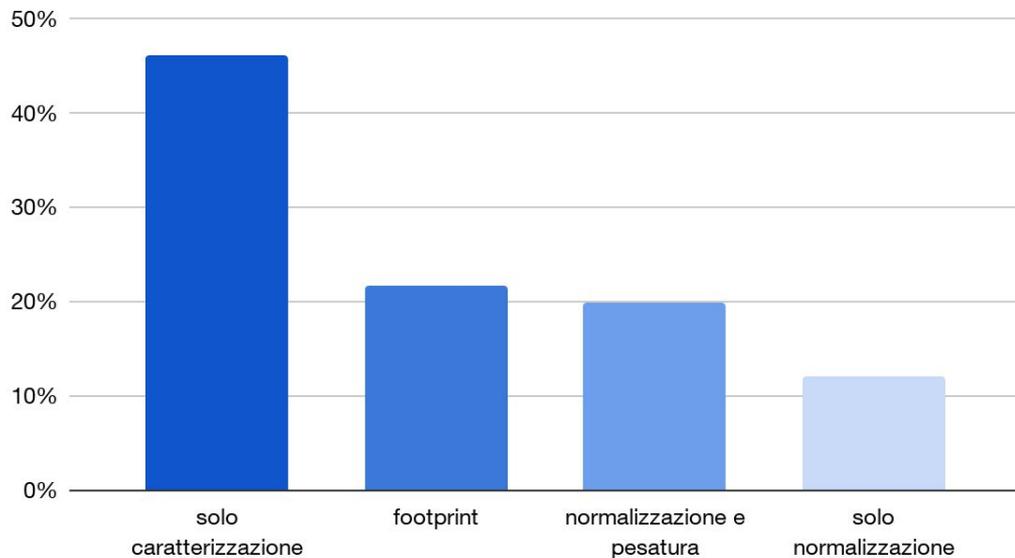
## Studi LCA applicati ai rifiuti



### **SOLO CARATTERIZZAZIONE**

- incluse solo le fasi obbligatorie ISO 14044

## Studi LCA applicati ai rifiuti



### **SOLO CARATTERIZZAZIONE**

- incluse solo le fasi obbligatorie ISO 14044

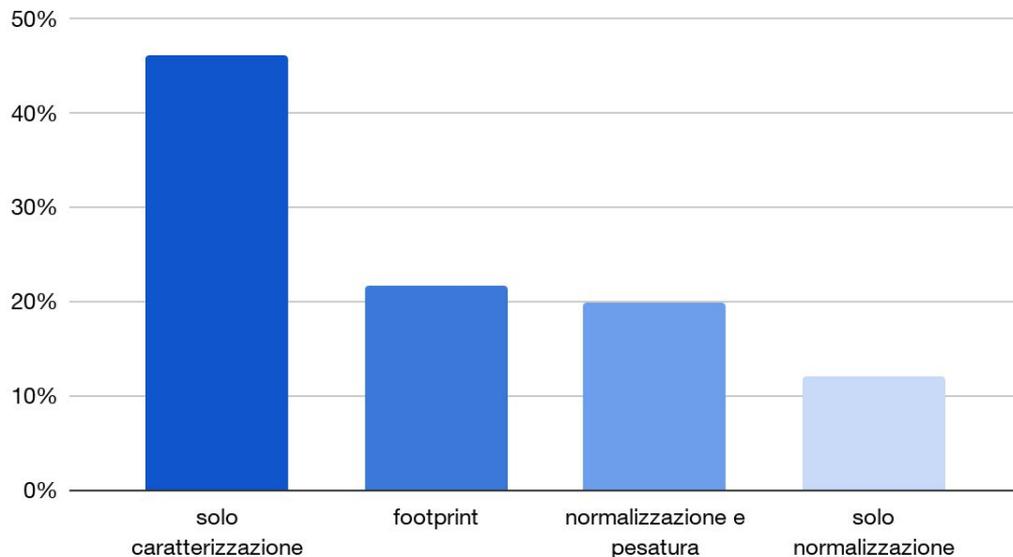
### **FOOTPRINT**

- “focus” su impatti ritenuti urgenti (GWP, CED) con prospettive future di aggiungere le altre IC



spostamento dei carichi

## Studi LCA applicati ai rifiuti



### **SOLO CARATTERIZZAZIONE**

- incluse solo le fasi obbligatorie ISO 14044

### **FOOTPRINT**

- “focus” su impatti ritenuti urgenti (GWP, CED) con prospettive future di aggiungere le altre IC

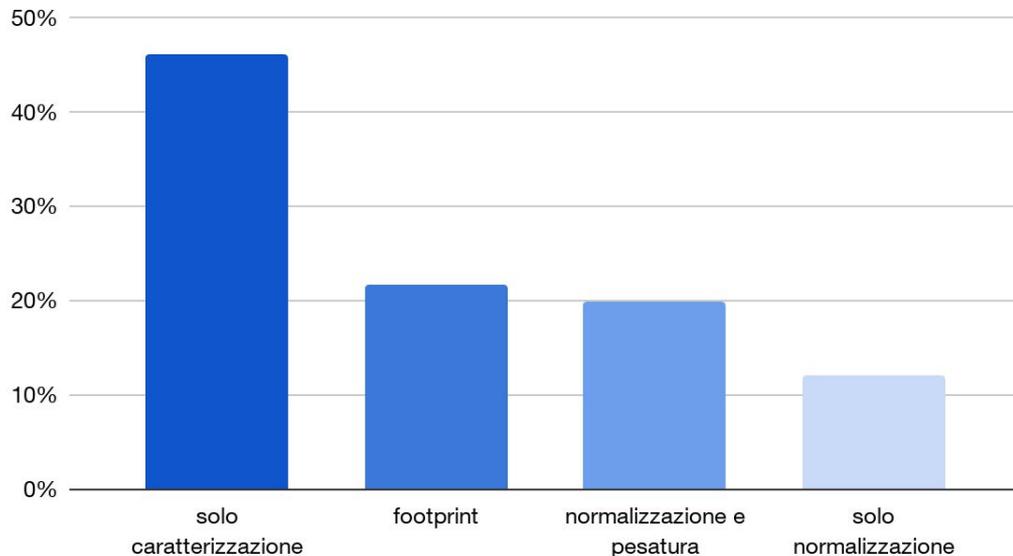


spostamento dei carichi

### **SOLO NORMALIZZAZIONE**

- comparazione tra le categorie
- contributo espresso rispetto all’impatto di un cittadino medio

## Studi LCA applicati ai rifiuti



### **SOLO CARATTERIZZAZIONE**

- incluse solo le fasi obbligatorie ISO 14044

### **FOOTPRINT**

- “focus” su impatti ritenuti urgenti (GWP, CED) con prospettive future di aggiungere le altre IC



spostamento dei carichi

### **SOLO NORMALIZZAZIONE**

- comparazione tra le categorie
- contributo espresso rispetto all’impatto di un cittadino medio

### **NORMALIZZAZIONE E PESATURA**

- esigenza di esprimere un valore finale



incertezza e scelte decisionali



## CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE



Cresce l'esigenza di esprimere i risultati come "punteggi ambientali"



Attendiamo la ISO 14074 per avere maggiori linee guida sull'uso di queste fasi



Raramente più approcci di normalizzazione e pesatura vengono esplorati nello stesso studio nonostante ciò sia raccomandato dalla ISO 14044



Si prospetta di allargare il campione di studi analizzati

# Grazie per l'attenzione

per domande e informazioni sulla presentazione: [giulia.cavenago@live.it](mailto:giulia.cavenago@live.it)



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

## Giornata di studio **Rifiuti e Life Cycle Thinking**

Per lo sviluppo di un'economia sostenibile

5<sup>a</sup> edizione

martedì 9 marzo 2021



Assessment on WAsTe  
and REsources

# REFERENCES

- Huppes, Gjalt, and Lauran van Oers. "Background review of existing weighting approaches in life cycle impact assessment (LCIA)." European Union: Luxembourg (2011).
- Benini, Lorenzo, et al. "Normalisation method and data for Environmental Footprints." Luxembourg: European Union. EUR 26842 (2014).
- Sala, Serenella, et al. "Methodology for building LCA-compliant national inventories of emissions and resource extraction." (2014).
- Sala, Serenella, et al. "Global environmental impacts and planetary boundaries in LCA." Data sources and methodological choices for the calculation of global and consumption-based normalisation factors. JRC (2016).
- Sala, Serenella, et al. "Global normalisation factors for the Environmental Footprint and Life Cycle Assessment." Publications Office of the European Union: Luxembourg (2017).
- Manfredi, Simone, and Malgorzata Goralczyk. "Life cycle indicators for monitoring the environmental performance of European waste management." *Resources, Conservation and Recycling* 81 (2013): 8-16.
- Muhl, Marco, Markus Berger, and Matthias Finkbeiner. "Distance-to-target weighting in LCA—A matter of perspective." *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2020): 1-13.
- Sala, Serenella, et al. "Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries." *Journal of Environmental Management* 269 (2020): 110686.
- Serenella Sala, Alessandro Kim Cerutti, Rana Pant "Development of a weighting approach for the Environmental Footprint".(2018) JRC 106545

# REFERENCES

Andreas, Roesch, Sala Serenella, and Niels Jungbluth. "Normalization and weighting: the open challenge in LCA." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 25.9 (2020): 1859-1865.

Crenna, Eleonora, et al. "Global environmental impacts: data sources and methodological choices for calculating normalization factors for LCA." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24.10 (2019): 1851-1877.

Prado, Valentina, et al. "Sensitivity to weighting in life cycle impact assessment (LCIA)." *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2019): 1-14.

Prado, Valentina, and Reinout Heijungs. "Implementation of stochastic multi attribute analysis (SMAA) in comparative environmental assessments." *Environmental Modelling & Software* 109 (2018): 223-231.

Kalbar, Pradip P., et al. "Weighting and aggregation in life cycle assessment: do present aggregated single scores provide correct decision support?." *Journal of Industrial Ecology* 21.6 (2017): 1591-1600.

Seager, Thomas P., and Valentina Prado. "Letter to the Editor on "Weighting and Aggregation in Life Cycle Assessment: Do Present Aggregated Single Scores Provide Correct Decision Support?." *Journal of Industrial Ecology* 21.6 (2017): 1601-1602.

Kalbar, Pradip P., et al. "Weighting and aggregation in life cycle assessment: do present aggregated single scores provide correct decision support?." *Journal of Industrial Ecology* 21.6 (2017): 1591-1600.

# REFERENCES

Pizzol, Massimo, et al. "Normalisation and weighting in life cycle assessment: quo vadis?." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 22.6 (2017): 853-866.

Castellani, Valentina, et al. "A distance-to-target weighting method for Europe 2020." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21.8 (2016): 1159-1169.

Benini, Lorenzo, and Serenella Sala. "Uncertainty and sensitivity analysis of normalization factors to methodological assumptions." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21.2 (2016): 224-236.

Sala, Serenella, et al. "Integrated assessment of environmental impact of Europe in 2010: data sources and extrapolation strategies for calculating normalisation factors." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20.11 (2015): 1568-1585.

Prado-Lopez, Valentina, et al. "Stochastic multi-attribute analysis (SMAA) as an interpretation method for comparative life-cycle assessment (LCA)." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19.2 (2014): 405-416.

Rogers, Kristin, and Thomas P. Seager. "Environmental decision-making using life cycle impact assessment and stochastic multiattribute decision analysis: a case study on alternative transportation fuels." (2009): 1718-1723.

Eldh, Peter, and Jessica Johansson. "Weighting in LCA based on ecotaxes-development of a mid-point method and experiences from case studies." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11.1 (2006): 81-88.

Norris, Gregory A. "The requirement for congruence in normalization." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 6.2 (2001): 85.