



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

PROCEDURA DI VALUTAZIONE DELLA CARBON FOOTPRINT DELLA SOSTITUZIONE DI PLASTICA MONOUSO

La procedura sviluppata in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale e di Economia dell'Università degli Studi dell'Aquila ha lo scopo di valorizzare le emissioni di anidride carbonica equivalente evitate grazie ad azioni di riduzione, eliminazione o sostituzione di oggetti in plastica monouso. Le politiche di riduzione o eliminazione di questi, infatti, hanno un evidente impatto sulla riduzione di inquinamento diretto dei rifiuti in materiale plastico, ma hanno anche l'effetto di ridurre in molti casi le emissioni di gas serra associate al ciclo di vita di questi componenti.

La metodologia a cui fare riferimento, infatti, è quella del Life Cycle Assessment (LCA, ISO14040), che contabilizza tutti gli impatti ambientali di un prodotto (bene o servizio) con un approccio “dalla culla alla tomba”, ossia da quando le materie prime per realizzarlo vengono estratte dal sottosuolo, fino alla gestione del fine vita (rifiuti), passando per tutte le fasi di produzione, assemblaggio, trasporto, distribuzione e utilizzo. Quando tale metodologia si applica solo all'impatto ambientale legato al riscaldamento globale (effetto serra), prende il nome di Carbon Footprint (ISO 14067), essendo le emissioni di carbonio (nella forma di anidride carbonica, CO₂) le principali cause di questa categoria di impatto su scala globale.

Infatti, la procedura sviluppata è partita da una attenta e voluminosa ricerca bibliografica di articoli scientifici, report internazionali e pubblicazioni su analisi LCA e carbon footprint di oggetti in plastica monouso. Questa ricerca ha consentito di ottenere i valori di CO₂ equivalente emessi durante il ciclo di vita di determinati prodotti o categorie di prodotto. Questa ricerca, quindi, ha consentito di raggruppare gli oggetti in plastica monouso in alcune categorie più significative, per le quali i dati fossero più completi e, soprattutto, fossero più interessanti per le aziende che vogliono dotarsi della certificazione PFC.

Per tutti gli oggetti così categorizzati, sono stati considerati i materiali plastici comuni (PET, PVC, HDPE, LDPE, PP, PS). In questo modo, è stato possibile realizzare delle matrici riassuntive, dove per ogni categoria di prodotto e materiale, è stato individuato un valore di kgCO_{2eq}/kg plastica. L'unità funzionale, ossia il riferimento sul quale il valore dell'impatto è stato stimato, è infatti il kg di plastica, determinato a partire dal peso del singolo oggetto. Questo, è di gran lunga il riferimento più utilizzato in letteratura per questa analisi.

Le categorie individuate sono quelle in Tabella 1. In particolare, con la categoria “pellicole” si intendono gli imballaggi, primari, secondari o terziari, che avvolgono molti prodotti [1, 2]. La categoria “sacchi di spazzatura” comprende le varie misure (espresse in volume) di sacchi per la spazzatura [3]. La categoria “bottiglie” comprende tutte le tipologie di bottiglie in plastica monouso e per questo caratterizzate da pesi diversi [4, 5]. Nella categoria “altri imballaggi” confluiscono tutte quelle tipologie particolari di imballaggio, diverse da pellicole, che hanno caratteristiche e forme diverse [5, 7]. Inoltre, nella categoria “flaconi per detersivi” sono compresi i contenitori monodose per l'igiene in generale [8, 9]. Infine, la categoria “stoviglie” comprende tutte le stoviglie in plastica monouso: piatti, forchette, coltelli, cucchiali, agitatori, etc., considerando un impatto mediato tra queste diverse categorie di prodotto [10].



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

Tabella 1: categorie di prodotto individuate

<i>CATEGORIE</i>
<i>Pellicole</i>
<i>sacchi spazzatura</i>
<i>bottiglie</i>
<i>Altri imballaggi</i>
<i>flaconi per detergenti</i>
<i>altro (contenitori e imballaggi generici)</i>
<i>stoviglie</i>

Sono stati anche individuati alcuni report più generali [11, 12], che hanno consentito di elaborare la categoria definita “altro”, che comprende tutti gli oggetti di più varia natura che possono essere considerati monouso. In questi report, infatti, vengono stimate le emissioni di CO₂ relative ad oggetti in plastica, di diverso materiale, durante tutto il ciclo di vita del prodotto: partendo dalla estrazione dei prodotti petroliferi, alla raffinazione per ottenere il materiale plastico, alla lavorazione per ottenere i prodotti finiti e il fine vita, ripartito in “incenerimento”, “riciclo” e “discarica” [13]. Non è considerata in nessuna analisi la fase di “uso”, che risulta di impatto trascurabile rispetto alle altre.

L’analisi effettuata ha anche consentito di valutare i parametri che maggiormente influenzano i valori di emissioni equivalenti di gas serra dei prodotti in plastica monouso [14]. Tra questi, sicuramente ha forte impatto la modalità di gestione del fine vita [15], le eventuali fasi di trasporto di materie prime, semilavorati e prodotti finiti [1, 16] e il mix energetico di produzione di energia elettrica nel contesto geografico di riferimento [17].

La seconda fase di valutazione prevede di analizzare l’impatto in termini di emissioni di gas serra, anche per le ipotesi di sostituzione della plastica monouso. Sono stati, quindi, individuati tre scenari principali: a) utilizzo di prodotti realizzati in materiali plastici compostabili; b) utilizzo di oggetti riutilizzabili più volte; c) eliminazione definitiva del prodotto in plastica tramite riorganizzazione del processo. Solo in quest’ultimo caso, il beneficio di riduzione di CO₂ è totale. Negli altri due casi, bisogna confrontare il valore di CO₂ stimato dal ciclo di vita dell’oggetto in plastica compostabile e dell’oggetto multiuso con il valore del caso iniziale, ottenendo un beneficio netto [18, 19]. Per cui, l’analisi di letteratura sulle categorie di prodotto è stata ripetuta nuovamente considerando materiali in plastica biodegradabile (PLA, PHA, bio-PET, bio-PE, etc. [11, 20]), ma anche carta, tetrapak, kraftpaper, legno e oggetti in materiale multi-uso (vetro, alluminio) [21]. In questo modo, il beneficio ottenuto dalla sostituzione degli oggetti in plastica monouso, e la differenza delle carbon footprint di questi con le ipotesi di sostituzione considerate, è netto e permette di direzionare la scelta di sostituzione verso opportunità che riducono maggiormente la CO₂ equivalente associata alla filiera



dei prodotti (Figura 1). È anche il caso di precisare che, nel caso di materiale multi-uso, l'impatto viene suddiviso nel numero di volte medio di utilizzo dell'oggetto.

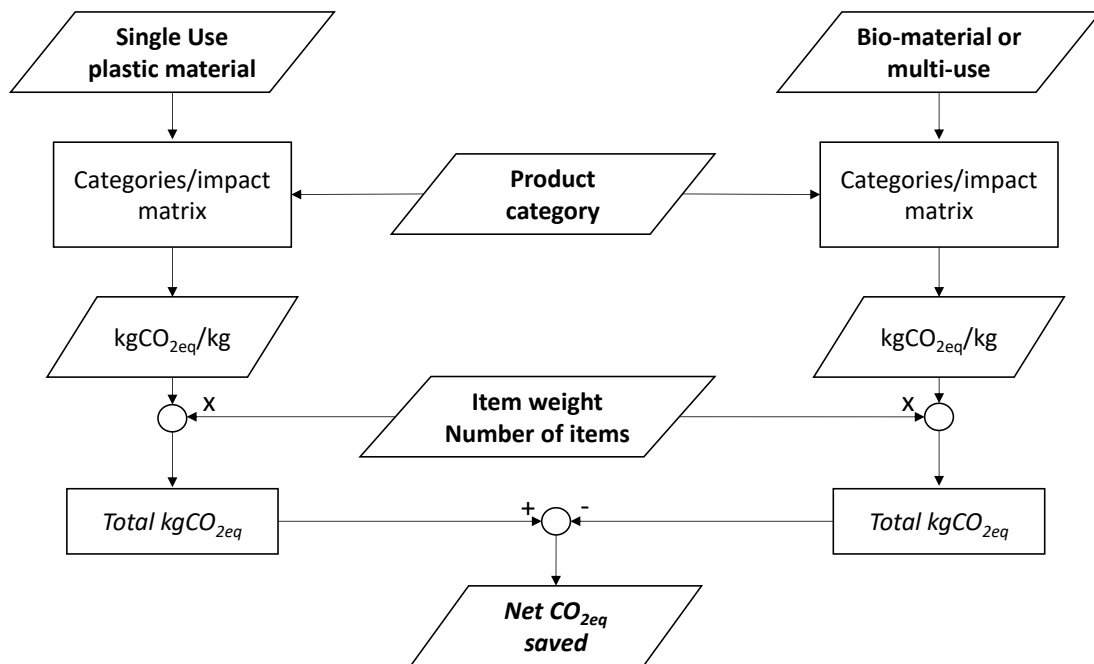


Figura 1: diagramma di flusso della procedura proposta. Nella parte sinistra la sezione relativa alla valutazione dell'impatto quando vengono utilizzati oggetti di plastica monouso, nella parte destra quando questi vengono sostituiti da materiali compostabili o oggetti multi-uso. In grassetto i dati in input dal Plastic Assessment

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. I. Blanco, C. Ingrao, V. Siracusa, Life-cycle assessment in the polymeric sector: A comprehensive review of application experiences on the Italian scale, *Polymers* (Basel). 12 (2020) 1–42. <https://doi.org/10.3390/POLYM12061212>.
2. H. Alhazmi, F.H. Almansour, Z. Aldhafeeri, Plastic waste management: A review of existing life cycle assessment studies, *Sustain.* 13 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.3390/su13105340>.
3. D. Civancik-Uslu, R. Puig, M. Hauschild, P. Fullana-i-Palmer: Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator, *Science of the Total Environment* 685 (2019) 621–630. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.372>.
4. Plastic (PET) vs bioplastic (PLA) or refillable aluminium bottles – What is the most sustainable choice for drinking water? A life-cycle (LCA) analysis. Elena Tamburini, Stefania Costa, Daniela Summa, Letizia Battistella, Elisa Anna Fano, Giuseppe Castaldelli Department of Life Sciences and Biotechnology, University of Ferrara, 44121, Ferrara, Italy
5. EXAMINING MATERIAL EVIDENCE THE CARBON FINGERPRINT - Imperial Collage London - Voulvoulis N.(a), Kirkman R.(b), Giakoumis T.(a), Metivier P.(b), Kyle C.(b), Midgley V.(b)
6. K. Verghese, S. Lockrey, S. Clune, D. Sivaraman, Life cycle assessment (LCA) of food and beverage packaging, Woodhead Publishing Limited, 2012. <https://doi.org/10.1533/9780857095664.4.380>.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

7. F. Silvenius, J. Katajajuuri, K. Grönman, Towards Life Cycle Sustainability Management, *Toward. Life Cycle Sustain. Manag.* (2011) 359–370. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1899-9>.
8. Revision of European Ecolabel Criteria for Soaps, Shampoos and Hair Conditioners
9. Sonja Leissner, Yvonne Ryan-Fogarty - Challenges and opportunities for reduction of single use plastics in healthcare: A case study of single use infant formula bottles in two Irish maternity hospitals
10. Sustainability Assessment of a Single-Use Plastics Ban. Timo Herberz, Claire Y. Barlow and Matthias Finkbeiner.
11. Eionet Report – ETC/WMGE 2021/3 - Greenhouse gas emissions and natural capital implications of plastics (including biobased plastics) 2021
12. US EPA ARCHIVE - Waste Reduction Model (WARM) and PLASTICS 2015
13. D. Maga, M. Hiebel, V. Aryan, A comparative life cycle assessment of meat trays made of various packaging materials, *Sustain.* 11 (2019). <https://doi.org/10.3390/su11195324>.
14. L.S. Dilkes-Hoffman, J.L. Lane, T. Grant, S. Pratt, P.A. Lant, B. Laycock, Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste, *J. Clean. Prod.* 180 (2018) 325–334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.169>.
15. L. Post, Life Cycle Analysis of three polystyrene waste scenarios Biodegradation by mealworms as an alternative to incineration or recycling, (2020).
16. S. Albrecht, P. Brandstetter, T. Beck, P. Fullana-I-Palmer, K. Grönman, M. Baitz, S. Deimling, J. Sandilands, M. Fischer, An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe, *Int. J. Life Cycle Assess.* 18 (2013) 1549–1567. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0590-4>.
17. Jiajia Zheng and Sangwon Suh - Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics
18. The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe - Summary report
19. George Bishop, David Styles, Piet N.L. Lens - Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics:
20. G.M. Bohlmann, Biodegradable packaging life-cycle assessment, *Environ. Prog.* 23 (2004) 342–346. <https://doi.org/10.1002/ep.10053>.
21. G. Cappiello, C. Aversa, A. Genovesi, M. Barletta, Life cycle assessment (LCA) of bio-based packaging solutions for extended shelf-life (ESL) milk, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (2022) 18617–18628. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17094-1>.

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. *Davide Di Battista* – Ricercatore presso l'Università degli Studi dell'Aquila e docente di Life Cycle Assessment dei Sistemi Produttivi presso l'Università degli Studi di Teramo

Ing. *Simona Abbate* – Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio, Dottoranda presso l'Università degli Studi dell'Aquila – Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia

Ing. *Luca Di Paolo* – Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio, Dottorando presso l'Università degli Studi dell'Aquila - Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia

Ing. *Eliseo Celani* – Ingegnere Meccanico, Università degli Studi dell'Aquila, Plastic Free Certification s.b.r.l.