

# **Influenza della tipologia di sacchetto nella valutazione LCA della filiera di gestione del rifiuto organico**

Giovanni Dolci<sup>1</sup>, Lucia Rigamonti<sup>1</sup>, Mario Grosso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politecnico di Milano DICA – Sezione ambientale, Piazza Leonardo da Vinci  
32, 20133 Milano

Email: giovanni.dolci@polimi.it

## **Abstract**

*L'intera filiera di trattamento del rifiuto organico è influenzata dalla tipologia di sacchetto utilizzato per la raccolta. Importanti differenze sono state riscontrate confrontando sacchetti in carta e in bioplastica durante lo stoccaggio domestico del rifiuto e in prove di biometanazione in laboratorio. È stata quindi condotta un'analisi del ciclo di vita per valutare la filiera di gestione (stoccaggio domestico, raccolta e trattamento) comparando le due tipologie di sacchetto. L'analisi è stata ripetuta con due approcci metodologici differenti. I sacchetti in carta permettono un'importante riduzione degli impatti ambientali della filiera rispetto ai sacchetti in bioplastica con l'approccio applicato nelle dichiarazioni ambientali di prodotto EPD (Environmental Product Declaration). Con la metodologia applicata negli studi sull'impronta ambientale dei prodotti PEF (Product Environmental Footprint), le differenze tra i due sistemi sono invece più ridotte.*

## **1. Introduzione**

A livello italiano, il rifiuto organico, costituito per la maggior parte dagli scarti di alimenti e secondariamente dal verde, è la frazione più consistente tra quelle raccolte per via differenziata con oltre 6 milioni di tonnellate nell'anno 2018 (ISPRA, 2019).

Per quanto riguarda il rifiuto domestico, i sistemi di raccolta italiani, a esclusione di una quota parte di sacchetti in plastica ancora presente, sono basati su sacchetti in bioplastica e in carta, con una nettissima prevalenza dei primi (CIC-COREPLA, 2020). Per quanto riguarda i sacchetti in bioplastica, realizzati in Mater-Bi®, sono disponibili sia sacchetti venduti appositamente per la raccolta del rifiuto (sacchetti dedicati) che i cosiddetti shopper utilizzati per il trasporto a casa della spesa e riutilizzabili per la raccolta differenziata del rifiuto organico. I sacchetti in carta utilizzabili sono invece realizzati appositamente per la raccolta del rifiuto: sono prodotti con fibre riciclate e dotati di uno specifico fondello per incrementarne la resistenza.

In relazione al fatto che il rifiuto organico è soggetto a fenomeni chimico-fisico-biologici di trasformazione e degradazione fin dall'atto della sua generazione all'interno delle mura domestiche, l'intera filiera di trattamento può essere fortemente influenzata dalla tipologia di sacchetto utilizzata. Importanti differenze sono state infatti riscontrate esaminando sia il comportamento dei sacchetti

durante lo stoccaggio domestico (ossia nel tempo tra il conferimento del rifiuto nel sacchetto da parte del cittadino e la fase di raccolta) che testandoli con prove di biometanazione alla scala di laboratorio (Dolci et al. 2019). Durante lo stoccaggio domestico, il sacchetto in carta consente perdite in peso del rifiuto contenuto superiori rispetto alla bioplastica con incrementi compresi tra il 20% e il 65% (Dolci et al. 2019). Le prove di biometanazione, condotte per verificarne il comportamento quando sottoposti a degradazione in ambiente anaerobico hanno mostrato una produzione di biometano dei sacchetti in carta per kg di rifiuto conferito da 6 a 11 volte superiore rispetto ai sacchetti in bioplastica con differenze più marcate quando il processo è condotto in condizioni mesofile (Dolci et al. 2019).

Alla luce di tali differenze, è qui presentata un'analisi del ciclo di vita (LCA) condotta al fine di valutare le prestazioni ambientali dell'intera filiera di gestione del rifiuto organico (stoccaggio domestico, raccolta e trasporto, trattamento e gestione degli scarti). La valutazione è stata svolta in accordo con le norme ISO 14044 e ISO 14040 (ISO 2018; ISO 2006).

## **2. Materiali e metodi**

### **a. Obiettivo**

L'obiettivo dello studio è la valutazione dei potenziali impatti ambientali della filiera di gestione del rifiuto organico domestico. Vengono confrontati due sistemi: in uno il rifiuto è conferito dall'utente in sacchetti in bioplastica mentre nell'altro in sacchetti in carta. In entrambi i sistemi il rifiuto è successivamente trattato in un impianto di digestione anaerobica.

### **b. Unità funzionale**

L'unità funzionale considerata nello studio è *la gestione di 1 kg di rifiuto organico domestico prodotto e inserito nel sacchetto per la raccolta*. Dall'analisi sono esclusi i materiali non idonei al successivo trattamento conferiti per errore con il rifiuto organico in quanto si assume che la loro quantità non sia influenzata dalla tipologia di sacchetto utilizzata.

### **c. Confine del sistema**

L'analisi è relativa all'intera filiera di gestione del rifiuto come indicato in figura 1. La figura rappresenta il confine dei due sistemi confrontati (gestione del rifiuto conferito rispettivamente in sacchetti di carta e in sacchetti di bioplastica). Per il secondo sistema è stato considerato sia l'uso dei sacchetti dedicati che dei cosiddetti shopper.

### **d. Categorie di impatto e metodo di caratterizzazione**

L'analisi è stata effettuata valutando, a livello midpoint, le 16 categorie di impatto sull'ambiente e sulla salute umana incluse nel metodo Environmental Footprint (Fazio et al., 2018) con i rispettivi indicatori e modelli per la valutazione degli impatti. In dettaglio, sono stati considerati: *Cambiamento climatico*,

*Assottigliamento della fascia d'ozono, Radiazioni ionizzanti, Formazione di ozono fotochimico, Assunzione di materiale particolato, Tossicità umana (con effetti cancerogeni e non cancerogeni), Acidificazione, Eutrofizzazione (terrestre, delle acque dolci e marina), Ecotossicità delle acque dolci, Uso del suolo, Deperimento delle risorse idriche, Utilizzo delle risorse energetiche e Utilizzo delle risorse minerali e metalli.*

#### **e. Analisi di inventario e modellizzazione degli scenari**

I sistemi analizzati sono stati modellizzati con dati primari quando possibile; il database ecoinvent (versione 3.5 con l'approccio *allocation, cut off by classification*; ecoinvent centre, 2018) è stato utilizzato a supporto dell'analisi quando i dati primari non erano disponibili. I sistemi sono stati modellizzati con il software SimaPro (versione 9.0).

Per il sistema che prevede l'impiego di sacchetti in carta, la produzione di carta riciclata e la successiva produzione dei sacchetti sono state modellizzate con i dati primari forniti dal produttore. Per quanto riguarda la bioplastica, la produzione dei granuli in Mater-Bi® è stata modellizzata con i dati di inventario indicati nella corrispondente Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD). Per la successiva produzione dei sacchetti sono stati considerati dati indicati in specifiche schede tecniche. Gli shopper in bioplastica sono caratterizzati da un peso medio superiore rispetto ai sacchetti dedicati. Tuttavia, nell'analisi svolta, solo il 50% degli impatti relativi alla produzione e al trattamento a fine vita degli shopper è stato incluso nel sistema analizzato poiché tali sacchetti sono utilizzati, come primo scopo, per il trasporto a casa della spesa.

Per la distribuzione dei sacchetti ai supermercati (sacchetti in bioplastica dedicati e shopper) e alle aziende di raccolta dei rifiuti urbani (che forniscono poi ai cittadini i sacchetti in carta e in bioplastica dedicati), è stata considerata la collocazione dei produttori di sacchetti in bioplastica presenti sul mercato. La distanza per il successivo trasporto dei sacchetti alle abitazioni è stata individuata in accordo con quanto indicato in Tua et al. (2017).

Per quanto riguarda l'utilizzo del sacchetto, indipendentemente dalla tipologia, è stata assunta una quantità di rifiuto organico inserita pari a 2 kg (sulla base della composizione media delle famiglie italiane, della quantità di rifiuto organico pro-capite prodotta e assumendo l'utilizzo di due sacchetti per settimana sulla base di una frequenza di raccolta che è mediamente bisettimanale). La perdita in peso del rifiuto contenuto nel sacchetto durante la fase di stoccaggio domestico è stata modellizzata con i dati ottenuti nei test sperimentali descritti al capitolo 1.

Per quanto riguarda la successiva fase di raccolta del rifiuto, è stato modellizzato un sistema di raccolta differenziata del rifiuto organico domestico con frequenza bisettimanale, secondo i dati medi relativi al sistema di gestione dei rifiuti nel nord Italia in relazione a distanze percorse e modalità di raccolta (porta a porta e con contenitori stradali) (Rigamonti et al. 2013).

Infine, il trattamento del rifiuto organico è stato modellizzato con i dati primari di un impianto di digestione anaerobica e post-compostaggio situato nel nord Italia.

È stato assunto che il compost prodotto sostituisca fertilizzanti e torba. Per quanto riguarda i sacchetti in bioplastica, tipicamente scartati nei pretrattamenti del processo di digestione anaerobica, è stato ipotizzato un effetto trascinalimento del rifiuto organico pari a 4 volte (in peso). Per tali scarti (sacchetti e rifiuto organico trascinato) è stata considerata la termovalorizzazione con recupero energetico in un impianto del nord Italia.

Per quanto riguarda la produzione e il trattamento a fine di vita dei sacchetti utilizzati per la raccolta e del relativo imballaggio, sono stati utilizzati due differenti approcci per la modellizzazione dei processi di riciclaggio e recupero:

1. L'approccio applicato nelle dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD - *Environmental Product Declaration*; EPD International, 2019) sviluppato per consentire e supportare le organizzazioni di qualsiasi Paese nel comunicare informazioni ambientali quantificate sul ciclo di vita dei loro prodotti in modo credibile, comparabile e comprensibile. Di conseguenza, è stato applicato il principio "chi inquina paga": al produttore di rifiuti è attribuito l'impatto ambientale fino al momento in cui i rifiuti vengono trasportati a un impianto di trattamento (EPD International, 2019).
2. L'approccio applicato nell'ambito degli studi sull'impronta ambientale dei prodotti (PEF - *Product Environmental Footprint*) in caso di multifunzionalità in situazioni di riciclaggio o di recupero di energia, come definito nella raccomandazione della Commissione Europea 2013/179/UE del 9 aprile 2013 (EU Commission, 2013) relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti. Nel dettaglio, è stata applicata la formula (CFF - *Circular Footprint Formula*) introdotta e descritta nella guida per lo sviluppo delle regole di categoria per gli studi sull'impronta ambientale dei prodotti (PEFCRs - *Product Environmental Footprint Category Rules*; EU Commission, 2018).

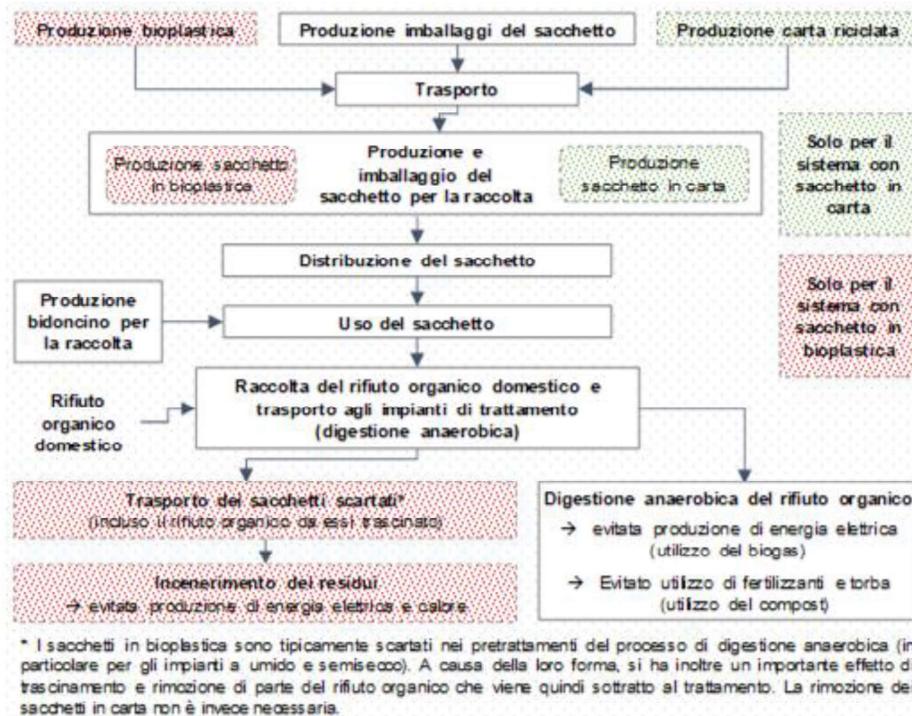


Figura 1: confine dei sistemi analizzati

### 3. Risultati e discussione

In tabella 1 sono indicati i potenziali impatti del sistema che prevede l'utilizzo di sacchetti in carta, per le 16 categorie di impatto esaminate, calcolati con l'approccio EPD e le variazioni degli impatti per il sistema caratterizzato dall'uso di sacchetti in bioplastica (dedicati e shopper).

Tabella 1: impatti potenziali per il sistema con sacchetti in carta e variazione degli impatti ((Bioplastica - Carta)/Carta) per il sistema con sacchetti in bioplastica (dedicati e shopper) calcolati con l'approccio EPD. I risultati sono riferiti all'unità funzionale

Categoria di impatto	Sistema con sacchetti in carta	Sistema con sacchetti in bioplastica dedicati	Sistema con sacchetti in bioplastica shopper
Cambiamento climatico (kg CO <sub>2</sub> eq)	-6.04E-02	-19%	+2%
Assottigliamento della fascia d'ozono (kg CFC-11 eq)	-6.56E-09	-44%	-7%

<b>Categoria di impatto</b>	<b>Sistema con sacchetti in carta</b>	<b>Sistema con sacchetti in bioplastica dedicati</b>	<b>Sistema con sacchetti in bioplastica shopper</b>
Radiazioni ionizzanti, effetti sulla salute umana (kBq U <sup>235</sup> eq)	2.81E-03	+150%	+91%
Formazione di ozono fotochimico, effetti sulla salute umana (kg COVNM eq)	2.49E-04	+14%	+2%
Assunzione di materiale particolato (incidenza di malattie)	3.39E-09	+19%	+5%
Tossicità umana - eff. non cancerogeni (CTUh)	4.26E-09	+201%	+131%
Tossicità umana - effetti cancerogeni (CTUh)	6.16E-10	+64%	+50%
Acidificazione (moli H+ eq)	1.37E-04	+70%	+30%
Eutrofizzazione - acque dolci (kg P eq)	5.37E-06	+78%	+34%
Eutrofizzazione - acqua marina (kg N eq)	5.36E-05	+104%	+59%
Eutrofizzazione - terrestre (moli N eq)	1.44E-03	+14%	+7%
Ecotossicità delle acque dolci (CTUe)	4.22E-02	+106%	+64%
Uso del suolo (Pt)	4.63E-01	+452%	+283%
Deperimento delle risorse idriche (m <sup>3</sup> sottratti)	6.61E-03	+1350%	+882%
Uso delle risorse energetiche (MJ)	-8.27E-01	-32%	-6%
Uso delle risorse - minerali e metalli (kg Sb eq)	1.55E-07	+22%	-20%

Rispetto ai sacchetti in carta, i sacchetti dedicati in bioplastica comportano un aumento dei potenziali impatti (nell'intervallo +14% / +1350%) o una diminuzione dei benefici (quando gli impatti del sistema complessivo sono negativi) per tutti le categorie esaminate.

Rispetto ai sacchetti in carta, gli shopper in bioplastica risultano invece peggiori per 9 categorie di impatto (nell'intervallo +30% / +882%), mentre per la categoria *Uso delle risorse - minerali e metalli*, lo shopper risulta la migliore alternativa (le differenze sono inferiore al 10% per le restanti 6 categorie di impatto per le quali i

sistemi si ritengono quindi confrontabili). Gli shopper sono quindi caratterizzati da impatti potenziali inferiori rispetto ai sacchetti dedicati poiché sono utilizzati, come primo scopo, per il trasporto a casa della spesa.

Oltre al confronto tra i due sistemi, è stata eseguita un'analisi dei contributi per comprendere le fasi del ciclo di vita più rilevanti. Nel sistema che prevede l'impiego di sacchetti di bioplastica, il trattamento del rifiuto, inclusa la gestione dei residui, ha un contributo negativo (beneficio ambientale) per tutte le categorie di impatto a esclusione di *Tossicità umana (con effetti cancerogeni)*, *Eutrofizzazione terrestre* ed *Ecotossicità delle acque dolci*. Con l'approccio EPD, considerando solo i contributi positivi, la fase di produzione dei sacchetti ha un peso compreso tra il 18% e il 95% per i dedicati e tra il 13% e il 94% per gli shopper. Rilevante è anche la fase di raccolta del rifiuto (4% / 77% per i sacchetti dedicati e 6% / 87% per gli shopper).

Per quanto riguarda il sistema dei sacchetti di carta, la fase di trattamento del rifiuto ha un contributo negativo per tutte le categorie di impatto, a esclusione dell'*Eutrofizzazione terrestre*. Con l'approccio EPD, considerando solo i contributi positivi, il peso della produzione dei sacchetti è sensibilmente meno rilevante rispetto ai sacchetti in bioplastica e, in dettaglio, inferiore al 20% per tutte le categorie di impatto a esclusione del *Deperimento delle risorse idriche*. Infine, il contributo della raccolta del rifiuto è compreso tra il 27% e l'86%.

Per quanto riguarda invece l'approccio PEF, la tabella 2 mostra i potenziali impatti del sistema che prevede l'impiego di sacchetti in carta per le 16 categorie di impatto esaminate e le variazioni degli impatti per il sistema caratterizzato dall'uso di sacchetti in bioplastica (dedicati e shopper).

Rispetto alla carta, i sacchetti dedicati in bioplastica comportano un aumento dei potenziali impatti (nell'intervallo +10% / +231%) o una diminuzione dei benefici per 11 categorie, mentre risultano migliori per le categorie *Assunzione di materiale particolato* e *Uso del suolo*. Per le restanti 3 categorie di impatto le differenze sono inferiori al 10%.

Quando si confrontano invece i sacchetti di carta e gli shopper in bioplastica, i secondi risultano migliori per 6 categorie di impatto e peggiori per 5 (le differenze sono inferiori al 10% per le rimanenti 5 categorie).

L'analisi dei contributi del sistema che prevede l'impiego di sacchetti in bioplastica mostra risultati simili a quelli osservati con l'approccio EPD.

Al contrario, per quanto riguarda il sistema dei sacchetti di carta, il contributo della produzione dei sacchetti stessi è sensibilmente più rilevante di quello osservato con l'approccio EPD e, in dettaglio, maggiore del 20% per 11 delle 16 categorie di impatto. Il peggioramento delle prestazioni ambientali del sistema caratterizzato dall'utilizzo di sacchetti in carta è infatti principalmente legato al fatto che l'approccio PEF attribuisce alla produzione della carta riciclata una frazione rilevante dell'impatto relativo alla produzione del corrispondente materiale vergine. Ciò comporta quindi un aumento degli impatti potenziali associati alla fase di produzione del sacchetto e quindi del contributo di questa fase all'impatto complessivo.

*Tabella 2: impatti potenziali per il sistema con sacchetti in carta e variazione degli impatti ((Bioplastica - Carta)/Carta) per il sistema con sacchetti in bioplastica (dedicati e shopper) calcolati con l'approccio PEF. I risultati sono riferiti all'unità funzionale*

<b>Categoria di impatto</b>	<b>Sistema con sacchetti in carta</b>	<b>Sistema con sacchetti in bioplastica dedicati</b>	<b>Sistema con sacchetti in bioplastica shopper</b>
Cambiamento climatico (kg CO <sub>2</sub> eq)	-5.78E-02	-11%	+9%
Assottigliamento della fascia d'ozono (kg CFC-11 eq)	-6.33E-09	-28%	+6%
Radiazioni ionizzanti, effetti sulla salute umana (kBq U <sup>235</sup> eq)	3.63E-03	+84%	+45%
Formazione di ozono fotochimico, effetti sulla salute umana (kg COVNM eq)	2.79E-04	-1%	-10%
Assunzione di materiale particolato (incidenza di malattie)	4.63E-09	-14%	-23%
Tossicità umana - eff. non cancerogeni (CTUh)	1.33E-08	-4%	-26%
Tossicità umana - effetti cancerogeni (CTUh)	6.99E-10	+46%	+33%
Acidificazione (moli H <sup>+</sup> eq)	2.03E-04	+10%	-15%
Eutrofizzazione - acque dolci (kg P eq)	7.68E-06	+16%	-9%
Eutrofizzazione - acqua marina (kg N eq)	6.05E-05	+77%	+38%
Eutrofizzazione - terrestre (moli N eq)	1.65E-03	-2%	-8%
Ecotossicità delle acque dolci (CTUe)	5.18E-02	+70%	+35%
Uso del suolo (Pt)	5.17E+00	-53%	-67%
Deperimento delle risorse idriche (m <sup>3</sup> sottratti)	3.52E-02	+231%	+117%
Uso delle risorse energetiche (MJ)	-7.93E-01	-19%	+4%
Uso delle risorse - minerali e metalli (kg Sb eq)	1.57E-07	+19%	-21%

#### **4. Conclusioni**

Il confronto tra i diversi sacchetti utilizzabili per il conferimento del rifiuto organico domestico, realizzati in carta o bioplastica, ha mostrato innanzitutto, nei test sperimentali svolti, un comportamento molto diverso tra i due materiali con migliori prestazioni per i sacchetti in carta. Inoltre, l'analisi del ciclo di vita qui presentata ha permesso di evidenziare un'influenza positiva sull'intera filiera di gestione del rifiuto organico associata all'impiego dei sacchetti in carta in luogo di quelli in bioplastica e in particolar modo dei sacchetti dedicati. È altresì importante sottolineare come il confronto sia fortemente influenzato dalla metodologia utilizzata per la valutazione degli impatti.

Per comprendere in modo più approfondito il comportamento dei sacchetti nel processo di digestione anaerobica, saranno implementati test in continuo a scala di laboratorio per la co-digestione dei sacchetti e del rifiuto organico. Inoltre, il comportamento dei sacchetti sarà valutato alla scala reale presso un impianto di digestione anaerobica. Nel dettaglio, grazie ai bilanci energetici e di massa, verrà valutato il comportamento dell'impianto al variare della tipologia di sacchetto con un focus particolare sulle quantità di scarti generate dalle fasi di pretrattamento. I dati raccolti con gli ulteriori test a scala di laboratorio e con la valutazione a scala reale saranno utili per affinare l'analisi LCA comparativa per i due sistemi analizzati.

Inoltre, alla luce dell'elevato contributo della produzione dei sacchetti e della raccolta del rifiuto nell'analisi LCA, saranno valutati con un'analisi di sensibilità aspetti quali la quantità di rifiuto conferita in ciascun sacchetto e la frequenza della raccolta del rifiuto stesso. A tal proposito, i sacchetti in carta, grazie alla maggiore perdita in peso e alla minore produzione di odori e di percolato durante lo stoccaggio domestico, permettono potenzialmente una riduzione della frequenza di raccolta.

#### **5. Bibliografia**

CIC (Consorzio Italiano Compostatori) - COREPLA (Consorzio nazionale per la raccolta, il riciclo e il recupero degli imballaggi in plastica), 2020. Studio CIC-COREPLA, 2020: triplicano le bioplastiche compostabili nella raccolta dell'organico.

Dolci, G, Grosso, M, Catenacci, A, Malpei, F, Fancello, R, 2019. Evaluation of the performances of paper and bioplastic bags in the management of food waste, in: proceedings SARDINIA2019. 17<sup>th</sup> International waste management and landfill symposium. Santa Margherita di Pula (CA), Italia, 30 Sept - 4 Oct.

Ecoinvent centre, 2018. Ecoinvent Version 3.5 database.

EPD International, 2019. General Programme Instructions for the International EPD System. Version 3.01.

EU Commission, 2018. PEFCR Guidance document, Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3.

EU Commission, 2013. Recommendation 2013/179/EU of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Official Journal of the European Union L 124 - 4 May 2013.

Fazio, S, Castellani, V, Sala, S, Schau, EM, Secchi, M, Zampori, L, 2018. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-76742-5, doi:10.2760/671368, JRC109369.

ISO, 2006. ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

ISO, 2018. ISO 14044:2018 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2019. Rapporto rifiuti urbani edizione 2019.

Rigamonti, L, Falbo, A, Grosso, M, 2013. Improving integrated waste management at the regional level: The case of Lombardia. Waste Management & Research 31: 946-953.

Tua, C, Nessi, S, Rigamonti, L, Dolci, G, Grosso, M, 2017. Packaging waste prevention in the distribution of fruit and vegetables: an assessment based on the life cycle perspective. Waste Management & Research, 35 (4), 400-415.