



UNIVERSITÀ
DI PARMA



Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat

Prof. Giuseppe Vignali

Alice Verdelli

Giulia Borghesi

Luglio 2019, versione 1.3



Sommario

1. Aspetti generali.....	3
2. Obiettivo dello studio	5
3. Campo di applicazione dello studio.....	5
4. Analisi dell'inventario del ciclo di vita	8
5. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita.....	14
a) Confronto bottiglia PET e bottiglia 50% R-PET	17
b) Bottiglia PET vergine	18
c) Bottiglia 50% R-PET.....	20
6. Interpretazione del ciclo di vita	22
a) Analisi di incertezza	24
b) Analisi di sensitività	25
7. Bibliografia.....	28
8. Critical review statement.....	29



1. Aspetti generali

L'obiettivo di un'analisi Life Cycle Assessment (LCA) è quello di quantificare l'intera gamma degli impatti ambientali imputabili a un prodotto o a un servizio a causa dei flussi materiali da e verso la natura (risorse estratte ed emissioni). L'LCA permette quindi di confrontare fra loro prodotti diversi con uguale funzione e di identificare gli impatti più rilevanti sul quale concentrare gli sforzi di riduzione. Il termine "ciclo di vita" si riferisce al fatto che, occorre eseguire un'indagine complessiva del problema prendendo in considerazione tutto il ciclo di vita del prodotto: dalla produzione di materie prime, alla fabbricazione, distribuzione, uso e smaltimento, compreso il trasporto e il consumo di energia. L'insieme di queste macrofasi viene comunemente detto percorso "from cradle to grave", ossia "dalla culla alla tomba".

La quantificazione dei carichi ambientali del ciclo di vita di un prodotto o servizio avviene attraverso la contabilizzazione di tutti i consumi di materie prime, acqua e fonti energetiche, detti "input" e di tutte le emissioni gassose, liquide e solide, di rifiuti e di altri rilasci, detti "output". In particolare l'LCA valuta anche i "risparmi ambientali" dovuti alla produzione evitata di materiali ed energia grazie al riuso, al riciclo o alla termovalorizzazione del prodotto considerato. Infatti, è proprio grazie all'identificazione di criticità ambientali, in gergo "bottleneck" cioè "colli di bottiglia", che si può mirare all'ottimizzazione dei processi e dell'uso delle risorse. Il sopra citato approccio "from cradle to grave" favorisce una descrizione accurata degli impatti ambientali del sistema in studio nell'LCA. Per l'analisi LCA possono essere utilizzati due diversi approcci metodologici differenti, come riportato da Sonneman and Vigon (2011) nel glossario delle linee guida Shonan:

- Approccio attribuzionale: approccio di modellizzazione del sistema in cui gli input e gli output sono attribuiti all'unità funzionale di un sistema di prodotto, collegando e/o partizionando i processi unitari del sistema secondo una regola normativa;
- Approccio consequenziale: approccio di modellizzazione del sistema in cui le attività in un sistema di prodotto sono collegate in modo tale che le attività siano incluse nel sistema del prodotto nella misura in cui si prevede che esse cambino come conseguenza di un cambiamento nella domanda dell'unità funzionale.

In questo studio è stato utilizzato l'approccio attribuzionale e per l'esecuzione del lavoro è stato utilizzato il software SimaPro 8.5 con il database Ecoinvent 3.4. Lo studio è stato commissionato dall'azienda Parmalat SpA ed è stato realizzato dal Centro Interdipartimentale CIPACK dell'Università di Parma.

Il metodo utilizzato per il calcolo dell'impatto ambientale, dal quale sono state estratte le categorie di interesse aziendale è il ReCiPe 2016 Midpoint (H). La prospettiva gerarchica (H) è il modello consueto e si basa sui principi politici più comuni per quanto riguarda gli intervalli temporali e altre questioni (ad esempio

il GWP è considerato su un orizzonte temporale di 100 anni). E' stato utilizzato questo metodo in quanto vi sono presenti tutte le categorie rilevanti per lo studio, perché riconosciuto internazionalmente e indicato da alcuni studi come uno dei 10 metodi più utilizzati (Chen et al., 2016; Gomes et al., 2019).

Le norme seguite per l'applicazione della metodologia LCA sono:

- ISO 14040:2006 «Principles and framework» che riporta i principi e descrive la struttura di una LCA;
- ISO 14044:2006 «Requirements and guidelines» che è il principale supporto per l'applicazione pratica di uno studio di ciclo di vita.

La norma ISO 14040 definisce che con uno studio LCA è possibile ottenere gli impatti ambientali potenziali (ad esempio l'uso di risorse e le conseguenze ambientali delle emissioni) durante l'intero ciclo di vita di un prodotto e mostra che la metodologia LCA si divide in quattro fasi iterative:

1. definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione;
2. analisi dell'inventario;
3. valutazione dell'impatto;
4. interpretazione dei risultati.



Figura 1.1 Fasi metodologia LCA

Nella prima fase vengono definiti il campo di applicazione e l'obiettivo di un LCA. Il campo di applicazione, che include il confine del sistema e il livello di dettaglio, dipende dallo scopo dello studio. La profondità e l'ampiezza della LCA possono differire notevolmente a seconda dell'obiettivo di una particolare LCA. La fase di analisi dell'inventario del ciclo di vita (fase LCI) è la seconda fase dell'LCA ed è quella in cui vengono raccolti i dati di input e di output relativi al sistema studiato. La fase di valutazione dell'impatto sul



ciclo di vita (LCIA) è la terza fase dell'LCA ed ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito di rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dal sistema in oggetto. L'interpretazione del ciclo di vita è la fase finale della procedura LCA, in cui i risultati ottenuti sono riassunti ed utilizzati come base per conclusioni, raccomandazioni e processi decisionali secondo l'obiettivo e la definizione dell'ambito.

2. Obiettivo dello studio

L'azienda Parmalat, in fase di sostituzione della bottiglia blu in PET vergine con una bottiglia contenente il 50% di PET riciclato, vuole evidenziare questo cambiamento supportando la scelta intrapresa con uno studio LCA dei potenziali impatti ambientali.

Il presente studio consiste nella valutazione del confronto del potenziale impatto ambientale della bottiglia blu in PET utilizzata per il confezionamento del latte microfiltrato, fino ad ora costituita interamente da materiale vergine, con la nuova bottiglia che comprenderà una percentuale del 50% di materiale riciclato dell'azienda Parmalat SpA. I risultati di tale comparazione potranno essere utilizzati per effettuare asserzioni comparative intese tra la bottiglia in R-PET e quella in PET vergine, entrambe utilizzate da Parmalat, e per la comunicazione dei risultati al pubblico. Il confronto è pertanto interno all'organizzazione.

A tal fine, lo studio è stato sottoposto a verifica di parte terza indipendente, e il review statement è allegato al presente report.

L'obiettivo dello studio, oltre al confronto delle due bottiglie, è anche quello di quantificare il profilo ambientale delle singole bottiglie blu in PET, per andare ad identificare gli hotspot ambientali. Stando a quanto riferito finora dall'azienda, i risultati di questo secondo obiettivo verranno utilizzati solo internamente.

L'ambito geografico dello studio è l'Italia perché questo prodotto viene venduto solo sul suolo italiano.

3. Campo di applicazione dello studio

La funzione delle bottiglie sopracitate è il contenimento di latte microfiltrato, considerato un alimento fresco. Queste bottiglie che presentano una colorazione blu scuro, vengono utilizzate per il latte che presenta una scadenza più lunga rispetto al latte fresco e deve essere protetto dall'azione delle fonti di luce.

La bottiglia oggetto dello studio ha capacità di 1 litro, un peso di 22 grammi e le seguenti dimensioni: altezza 249,7 mm e diametro 84,5 mm.



Il latte microfiltrato, contenuto nelle bottiglie, è considerato un prodotto fresco, quindi necessita di refrigerazione; l'imballaggio è fornito per soddisfare la shelf life richiesta per il prodotto cui si applica.

La nuova bottiglia con 50% R-PET è da considerarsi equivalente alla precedente in PET vergine come funzione e proprietà (meccaniche, fisiche e chimiche).

Di seguito, in Figura 3.1, sono riportate come esempio le bottiglie considerate nello studio.



Figura 3.1 Bottiglie blu in PET

L'unità funzionale scelta è una bottiglia blu di latte microfiltrato Parmalat in PET da 1 litro. Questa tipologia di latte viene confezionata solo in due stabilimenti Parmalat, quello di Albano e quello di Roma, ai quali arrivano le preforme [...], sia quelle costituite interamente da PET vergine che quelle con il 50% di PET riciclato. [...]

Basandosi sullo schema di flusso, creato per comprendere i processi necessari alla produzione della bottiglia e riportato in Figura 3.2, sono stati raccolti i dati necessari all'analisi LCA. Il flusso di riferimento indicato si riferisce al volume delle bottiglie e include tutti gli elementi del packaging, quali i tappi, le etichette e il packaging utilizzato per il trasporto.

La fase d'uso della bottiglia è stata omessa dai confini del sistema, in quanto non è possibile rilevare l'utilizzo che ne fa il consumatore. Per entrambi i prodotti sono stati esclusi dalla valutazione i pigmenti coloranti aggiunti nelle bottiglie (presenti in uguale quantità in entrambe le bottiglie analizzate), in quanto non è stato possibile risalire alla composizione chimica per questioni di segreto industriale. Il cut-off utilizzato è considerato minore del 2%, in quanto è stato escluso, per entrambe le bottiglie, il colorante [...].

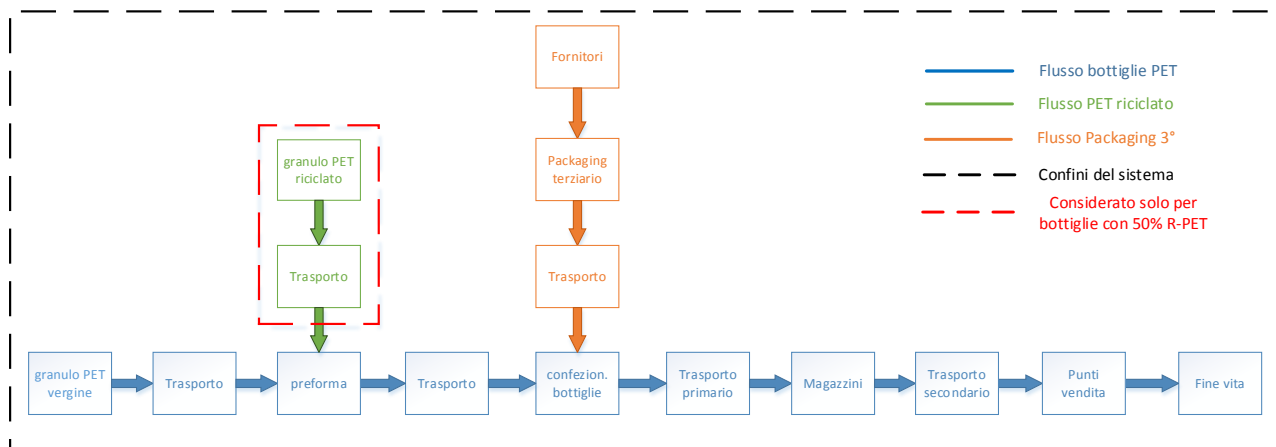


Figura 3.2. Confini del sistema

Oltre ai pigmenti, sono stati esclusi dal calcolo LCA i fabbricati e le attrezzature per la produzione. Per quanto concerne la logistica primaria, sono state utilizzate le distanze medie dagli stabilimenti di produzione del latte microfiltrato Parmalat (Albano e Roma) verso i ce.di. (centri di distribuzione), mentre per la logistica secondaria è stata utilizzata la distanza media percorsa al giorno da un litro di latte. Entrambi i dati sono stati forniti dall'azienda e risultano non variare a seguito del cambiamento di packaging.

I dati relativi ai consumi di produzione delle preforme sono stati forniti [...] ed il dato riferisce al consumo energetico per pezzo prodotto, mentre per i consumi riferiti a soffiaggio, riempimento e confezionamento delle bottiglie di latte sono stati utilizzati i consumi medi rilevati direttamente da Parmalat negli stabilimenti quando le soffiatrici erano dedicate alle bottiglie blu.

Non essendo stato possibile reperire i dati completi dalle due aziende produttrici dei granuli di PET vergine e di PET riciclato, sono stati impiegati i dataset presenti in Ecoinvent, adattati in relazione al mix energetico dei diversi paesi in cui i granuli sono stati prodotti.

Per quanto riguarda il metodo di valutazione degli impatti, è stato selezionato il Recipe 2016 Midpoint (H), aggiornato alla versione 1.02 dell'anno 2018. Dapprima è stata effettuata l'analisi di confronto tra le due bottiglie utilizzando tutte le 18 categorie del metodo e solo successivamente sono state selezionate le categorie rilevanti per questo studio, ovvero Global warming, Stratospheric ozone depletion, Terrestrial acidification, Fossil resource scarcity e Water consumption. Nel metodo Recipe 2016 non vi è al momento la possibilità di effettuare la normalizzazione o la pesatura, come era possibile nel precedente metodo Recipe 2008. Le categorie sono quindi state scelte sulla base dei maggiori fenomeni che contribuiscono all'alterazione dell'ambiente e ai cambiamenti climatici, come per esempio l'emissione di gas serra o il consumo di risorse non rinnovabili. Anche la successiva idea di divulgazione ha portato a selezionare categorie che siano di facile comprensione per un pubblico inesperto.



4. Analisi dell'inventario del ciclo di vita

In questa fase sono stati analizzati i processi previsti per la produzione delle bottiglie ed elaborati i dati forniti da Parmalat, necessari alla valutazione dell'impatto ambientale. I dati forniti fanno riferimento all'anno 2018.

Per quanto riguarda i dati inerenti le bottiglie, l'azienda Parmalat ha fornito a Cipack materiale e peso del packaging utilizzato (primario, secondario e terziario). Il database utilizzato per la modellazione del materiale dei packaging primari (PET) è Ecoinvent 3.4, i cui processi hanno come indicazione di validità temporale il 2017. Siccome i dataset di Plastic Europe, presenti in letteratura sono più recenti (validi fino al 2020), è stata fatta un'analisi di sensitività per garantire la rappresentatività del database utilizzato.

Il database Ecoinvent 3.4 è stato utilizzato anche per tutti gli altri processi inseriti nello studio.

Non essendo stato possibile ottenere maggiori informazioni dal riciclatore [...] sui consumi energetici associati al ritiro e riciclo del materiale post-consumo è stato inserito da database (Ecoinvent 3.4) il PET riciclato in Svizzera in quanto a livello tecnologico maggiormente rassomigliabile al riciclo [...], nel quale è stata inserita l'energia elettrica [...]. Il dataset [...] considerato è composto per il 6,8% da energia elettrica prodotta attraverso centrali termoelettriche, che bruciano principalmente combustibili fossili, per il 60,9% da energia prodotta attraverso fonti rinnovabili (idroelettrica, eolica e fotovoltaica) e la rimanente parte del 32,3% viene importata dall'estero (Italia, Germania, Ungheria, Repubblica Ceca, Svizzera e Slovenia). L'anno di riferimento del mix energetico [...] è il 2014.

Per il PET vergine prodotto dall'azienda [...], è stato selezionato dal database il processo di produzione del granulo di PET vergine prodotto nel resto del mondo, nel quale è stata inserita, unicamente, l'energia elettrica [...], in modo da meglio riprodurre il mix energetico utilizzato dal fornitore di Parmalat. Il dataset [...] considerato è composto per il 90,7% da energia elettrica prodotta attraverso centrali termoelettriche, che bruciano principalmente carbone e per il restante 9,3% da energia prodotta attraverso fonti rinnovabili (idroelettrica e geotermica). L'anno di riferimento del mix energetico [...] è il 2014.

Il granulo [...] arriva via nave al porto di Napoli, dalla quale viene trasportato all'azienda [...], la quale trasforma il granulo in preforme. L'azienda [...] ha fornito il consumo elettrico necessario a stampare le preforme (indicato da loro uguale per i due packaging analizzati); è stato quindi modificato il processo di injection moulding presente nel database con il consumo fornito, inserendo l'energia [...]. Lo scarto di lavorazione per la produzione della preforma, fornita [...] per entrambi i packaging, è mediamente pari all'1,7%. Questo scarto viene riciclato all'interno del processo di formazione delle preforme.



Parmalat riceve le preforme [...], sia quelle interamente in PET vergine che quelle con 50% PET riciclato, prosegue con soffiaggio e riempimento, effettuati per mezzo di una Combi Sidel (la medesima strumentazione è utilizzata dai due stabilimenti) e termina con il confezionamento delle bottiglie blu, pronte per la distribuzione. I dati forniti per il consumo energetico sono stati rilevati direttamente dalle macchine soffiatrici delle bottiglie blu di Parmalat, in entrambi gli stabilimenti. Il dato fornito da Parmalat fa riferimento al consumo elettrico per bottiglia. Per i consumi energetici legati ai due stabilimenti di Parmalat è stato utilizzato il mix energetico italiano perché al momento in entrambi gli stabilimenti non vengono utilizzate fonti di energia rinnovabile.

In Tabella 4.1 sono riportati i mix energetici considerati nei diversi step di produzione delle bottiglie, insieme alla tipologia di dato considerato.

Stabilimento	Unità di misura	Quantità	Processo Ecoinvent 3.4	Tipologia dati
[...]	kWh/kg	0,189	Electricity, medium voltage {ID} market for Cut-off, U	Secondario
[...]	kWh/kg	0,3426	Electricity, low voltage {AT} market for Cut-off, U	Secondario
[...]	kWh/kg	0,3	Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U	Primario
Parmalat Albano	kWh/pezzo	0,0033	Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U	Primario
Parmalat Roma	kWh/pezzo	0,0039	Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U	Primario

Tabella 4.1 Mix energetici e tipologia di dati utilizzati

In Tabella 4.2 sono riportati i fornitori dei materiali di packaging, insieme alle distanze calcolate tra gli stessi e i due stabilimenti Parmalat interessati in questo studio. Le distanze riportate in tabella sono tutte dati primari, ad eccezione del pallet, in cui il dato è stato stimato.

Materiale	Fornitore	Distanza	Percorso
Granulo PET vergine	[...]	11820 km 165 km	Trasporto via nave fino al porto di Napoli Trasporto su strada dal porto all'azienda ...
Granulo PET riciclato	[...]	1116 km	Trasporto su strada all'azienda ...
Preforma	[...]	633 km 62,4 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Octabin	[...]	334 km	Trasporto su strada all'azienda ...

Capsula	[...]	539 km 78 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Etichetta	[...]	307 km 382 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Fardello	[...]	230 km 469 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Interfalda	[...]	55 km 611 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Film avvolgibile	[...]	230 km 469 km	Trasporto su strada allo stabilimento di Albano Trasporto su strada allo stabilimento di Roma
Pallet	-	50 km	Media ritorno da flusso logistico di clienti/vettori

Tabella 4.2 Elenco fornitori materiali packaging

In Tabella 4.3 sono riportati i dati considerati nell'analisi con il peso di ogni singolo componente del packaging e le tipologie di dati dell'analisi LCA (primari, secondari o terziari).

Packaging	Materiale	Unità di misura	Quantità	Tipologia dato
Octabin	cartone	kg/pz	8,5	Primario
Bottiglia 1L	PET	g/pz	22	Primario
Bottiglia 1L	50% R-PET	g/pz	22	Primario
Capsula	HDPE	g/pz	2,68	Primario
Etichetta	OPP	g/pz	0,8	Primario
Fardello	LDPE	g/12 bott	30	Primario
Interfalda	cartone	g/pz	340	Primario
Film avvolgibile	LLDPE	g/pallet	160	Primario
Pallet	legno	kg/pz	25	Primario

Tabella 4.3 Quantità e tipologia materiali

In un octabin, che è il contenitore utilizzato per il trasporto delle preforme, vengono contenute 9570 preforme, quindi il peso di un octabin è stato diviso per il numero delle preforme contenute per riferirlo all'unità funzionale. La quantità delle preforme in entrata ai due stabilimenti non è uguale, il 43% è destinato allo stabilimento di Albano e il restante 57% allo stabilimento di Roma.

Un pallet completo di prodotto confezionato è composto da 480 bottiglie, utilizzando 40 fardelli, 4 interfalde e il film avvolgibile. Il fornitore del pallet non è definito in quanto non vengono acquistati pallet nuovi, ma vengono utilizzati quelli che arrivano da un flusso logistico di ritorno dai clienti. Entrambi gli stabilimenti si riforniscono da ce.di. delle zone limitrofe; ce.di. in Lombardia per lo stabilimento di Albano e ce.di. del centro Italia per lo stabilimento di Roma. Nella tabella sottostante sono riportate le unità di processo dei materiali utilizzati nello studio.



Materiale	Processo Ecoinvent 3.4
Granulo PET vergine	Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade {ID} production Cut-off, U
Granulo PET riciclato	Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, recycled {AT} polyethylene terephthalate production, granulate, bottle grade, recycled Cut-off, U
Preforma	Injection moulding {IT} processing Cut-off, U
Octabin	Core board {RER} production Cut-off, U
Capsula	- Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U - Injection moulding {RER} processing Cut-off, U
Etichetta	- Polypropylene, granulate {RER} production Cut-off, U - Extrusion, plastic film {RER} production Cut-off, U
Fardello	- Polyethylene, low density, granulate {GLO} production Cut-off, U - Extrusion, plastic film {RER} production Cut-off, U
Interfalda	Linerboard {RER} production, kraftliner Cut-off, U
Film avvolgibile	- Polyethylene, linear low density, granulate {GLO} production Cut-off, U - Extrusion, plastic film {RER} production Cut-off, U
Pallet	EUR-flat pallet {GLO} market for Cut-off, U

I dati utilizzati per inserire i trasporti sono la distanza percorsa, la quantità spostata e la tipologia di mezzo. Per tutti i trasporti è stato considerato un mezzo di trasporto EURO 5 con diversa grandezza a seconda dei volumi spostati. Sotto la voce trasporti in uscita è stato considerato anche il packaging terziario utilizzato, ovvero film termoretraibile, interfalde, pallet e film avvolgibile. La tipologia di mezzi utilizzati per trasporti in uscita sono camion refrigerati (0-4 °C) in quanto il prodotto trasportato è fresco. I trasporti hanno una saturazione mezzi del 92%, ma non è stato corretto il fattore di carico dei trasporti utilizzati in Ecoinvent. La distribuzione del prodotto confezionato viene scomposta in trasporto primario, che consiste nel trasporto del prodotto fino a magazzini/centri di distribuzione, e in trasporto secondario che consiste nel trasporto dai magazzini/centri di distribuzione ai punti vendita.

Nel trasporto primario sono stati indicati dall'azienda e considerati:

- Per lo stabilimento di Albano: 198 km di media percorsi;
- Per lo stabilimento di Roma: 346 km di media percorsi.

Nel trasporto secondario sono stati considerati 45 km di media tra i centri di distribuzione e i punti vendita. Nella tabella sottostante sono riportate le unità di processo dei trasporti utilizzati nello studio. Siccome nel



database sono presenti solo due tipologie di mezzi refrigerati, è stato utilizzato quello più grande per il trasporto primario e quello più piccolo per il trasporto secondario.

Trasporto	Processo Ecoinvent 3.4
In Entrata	<p>Per quanto riguarda i trasporti in entrata sono state considerate le distanze dai diversi fornitori utilizzando i seguenti mezzi di trasporto presi dal software:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U - Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} market for Cut-off, U
Primario	<p>Per questo trasporto è stata considerata la distanza esistente tra i due stabilimenti Parmalat e i magazzini/centri di distribuzione. Il processo utilizzato dal database è il seguente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, carbon dioxide, liquid refrigerant, cooling {GLO} transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, carbon dioxide, liquid refrigerant, cooling Cut-off, U
Secondario	<p>Per questo trasporto è stata considerata la distanza esistente tra i magazzini/centri di distribuzione e i punti vendita. Il processo utilizzato dal database è il seguente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transport, freight, lorry with refrigeration machine, 3.5-7.5 ton, EURO5, carbon dioxide, liquid refrigerant, cooling {GLO} transport, freight, lorry with refrigeration machine, 3.5-7.5 ton, EURO5, carbon dioxide, liquid refrigerant, cooling Cut-off, U

Nel fine vita è stato considerato solo lo scenario italiano, diviso nelle diverse tipologie: riciclaggio, recupero energetico, discarica e riutilizzo, in quanto il prodotto viene venduto solo in Italia. Con l'approccio cut-off non vengono considerati i co-prodotti, come per esempio l'energia derivante dalla termovalorizzazione e nemmeno i benefici che derivano dalla sua produzione. I trasporti medi considerati per lo smaltimento sono 100 km per il trasporto al centro di riciclo, 100 km per l'incenerimento e 50 km per la discarica, tutti con un mezzo di trasporto da 16-32 ton. Per ricavare le percentuali in Italia sono stati utilizzati i dati dei vari consorzi (Comieco, Corepla, Rilegno) che promuovono e prediligono il riciclaggio dei diversi materiali, aggiornati al 2017. In particolare sono state utilizzate le seguenti percentuali:

- Plastica (Corepla)
 - o riciclo 43,5%;
 - o incenerimento 40%;
 - o discarica 16,5%;



- Carta e cartone (Comieco)
 - o riciclo 79,8%;
 - o incenerimento 7,9%;
 - o discarica 12,3%;
- Legno (Rilegno)
 - o riciclo 61,5%;
 - o incenerimento 2,7%;
 - o discarica 35,8%.

Nella tabella sottostante sono riportate le unità di processo dei processi di smaltimento utilizzati nello studio.

Smaltimento	Processo Ecoinvent 3.4
Riciclo	<ul style="list-style-type: none"> - PET (waste treatment) {GLO} recycling of PET Cut-off, U - PE (waste treatment) {GLO} recycling of PE Cut-off, U - PP (waste treatment) {GLO} recycling of PP Cut-off, U - Core board (waste treatment) {GLO} recycling of core board Cut-off, U
Incenerimento	<ul style="list-style-type: none"> - Waste polyethylene terephthalate {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene terephthalate, municipal incineration Cut-off, U - Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U - Waste polypropylene {RoW} treatment of waste polypropylene, municipal incineration Cut-off, U - Waste paperboard {Europe without Switzerland} treatment of waste paperboard, municipal incineration Cut-off, U - Waste wood, untreated {RoW} treatment of waste wood, untreated, municipal incineration Cut-off, U
Discarica	<ul style="list-style-type: none"> - Waste polyethylene terephthalate {RoW} treatment of waste polyethylene terephthalate, sanitary landfill Cut-off, U - Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U - Waste polypropylene {RoW} treatment of waste polypropylene, sanitary landfill Cut-off, U - Waste paperboard {Europe without Switzerland} treatment of waste paperboard, sanitary landfill Cut-off, U - Waste wood, untreated {Europe without Switzerland} treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill Cut-off, U



Il modello di allocazione Cut-off scelto fa emergere direttamente nell'impatto del materiale il beneficio ambientale che deriva dall'utilizzo di materiale riciclato, in quanto l'analisi viene troncata alla fine delle attività di produzione del materiale riciclabile.

5. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita

Come riportato precedentemente, per l'esecuzione del lavoro è stato utilizzato il software SimaPro 8.5 con il database Ecoinvent 3.4 in dotazione al centro CIPACK. Il metodo utilizzato per il calcolo dell'impatto ambientale, dal quale sono state estratte le categorie rilevanti è il ReCiPe 2016 Midpoint (H).

Le categorie di impatto selezionate sono:

- Global warming (kg CO₂ eq): i gas serra sono convertiti in equivalenti CO₂ con fattori GWP, considerando un intervallo di 100 anni (GWP100);
- Stratospheric ozone depletion (kg CFC-11 eq): dovuto in particolare ai composti chimici appartenenti al gruppo dei clorofluorocarburi (CFC);
- Terrestrial acidification (kg SO₂ eq): i principali responsabili di questo fenomeno risultano essere composti di zolfo e azoto dai processi di combustione;
- Fossil resource scarcity (kg oil eq): indice utilizzato per indicare la diminuzione delle fonti non rinnovabili, in particolare delle risorse fossili.
- Water consumption (m³): indice utilizzato per indicare il consumo di acqua.

Facendo riferimento al testo "Analisi del ciclo di vita LCA" di Baldo et al. (2008) di seguito sono descritte le categorie considerate nell'analisi.

La categoria Global warming rappresenta l'aumento nell'atmosfera di gas climalteranti che generano l'effetto serra. L'effetto serra è un fenomeno naturale che assicura il riscaldamento del pianeta ed è legato alla presenza di alcuni gas atmosferici quali l'anidride carbonica, l'ozono, il vapore acqueo e il metano. Questi gas agiscono come una sorta di vetro trasparente che, avvolgendo il pianeta, consente alle radiazioni provenienti dal Sole di filtrare, ostacolando invece il ritorno di parte delle radiazioni infrarosse (IR) riflesse dalla Terra e dalla bassa atmosfera, trattenendo quindi calore. Tramite l'effetto serra e il suo influsso sul bilancio radiativo terrestre, si determina la temperatura del pianeta e conseguentemente la distribuzione e il funzionamento dei sistemi climatici. Considerando la stretta relazione esistente tra l'incremento della concentrazione dei gas a effetto serra e l'aumento di temperatura del pianeta, è probabile che la maggior parte di questi cambiamenti siano da attribuire all'azione dell'uomo. Il fenomeno coinvolge l'intero pianeta ed è quindi da considerarsi un problema di scala globale, rispetto ad altri fenomeni legati all'inquinamento atmosferico.



La categoria Stratospheric ozone depletion rappresenta la diminuzione della fascia di ozono presente nella stratosfera. L'ozono (O_3) assorbe quasi interamente la radiazione ultravioletta (UV) proveniente dal Sole. Tale radiazione ha sufficiente energia per danneggiare molecole biologiche fondamentali quali il DNA, determinando un aumento dei tumori della pelle e delle deficienze immunitarie, oltre a danni generalizzati a tutta la biosfera. Da questo si può intuire l'importanza della sua presenza in atmosfera. L'ozono si forma continuamente in una fascia compresa tra i 25 e i 50 km di altezza al di sopra della superficie terrestre, in seguito alla dissociazione di molecole di ossigeno, indotta dalla radiazione UV e al successivo di atomi isolati con altre molecole indissociate ($O + O_2$). A sua volta l'ozono, assorbendo la radiazione UV, si dissocia in $O_2 + O$, liberando energia. L'inquinamento prodotto da composti come clorofluorocarburi, radicali liberi o cloruri, induce un assottigliamento dello schermo ozonosferico, in quanto il cloro in essi contenuto, liberandosi in stratosfera per effetto della radiazione UV, riduce la quantità di ozono accelerandone la trasformazione in ossigeno molecolare. Questa categoria è influenzata principalmente dai gas che si possono produrre dalla combustione dei materiali.

La categoria Terrestrial acidification rappresenta l'effetto della ricaduta dall'atmosfera di particelle, gas e precipitazioni acide. Le piogge acide sono causate essenzialmente da ossidi di zolfo (SO_x) e, in minor parte, dagli ossidi di azoto (NO_x), presenti in atmosfera sia per cause naturali, sia per effetto delle attività umane. Se non entrano in contatto con goccioline d'acqua, questi gas e soprattutto gli acidi che da loro si formano, giungono al suolo tramite deposizione secca. Nel caso in cui i gas entrino in contatto con l'acqua atmosferica, danno luogo alla formazione di acidi prima della deposizione, con conseguente acidificazione delle precipitazioni. Ne consegue che una riduzione dell'emissione di questi composti in atmosfera sia un beneficio per l'ambiente.

La categoria Fossil resource scarcity rappresenta il consumo delle risorse fossili necessarie allo svolgimento del processo produttivo preso in esame. Le risorse non rinnovabili, come appunto quelle di fonte fossile, sono definite "risorse stock". Il consumo di risorse è riferito all'idea che esse diminuiscano in seguito ad attività umane in modo tale che in futuro non possano più essere utilizzate come input del sistema produttivo. Siccome le società petrolifere investono nella ricerca di nuove riserve, il minimo necessario per garantire loro la produzione per un numero limitato di anni, dell'ordine di 10-20 anni, vi è sempre più una crescente consapevolezza di far convergere le risorse utilizzate verso risorse rinnovabili.

La categoria Water consumption rappresenta il consumo delle risorse idriche, ovvero prende in considerazione l'acqua evaporata, incorporata nei prodotti, trasferita in altri bacini idrografici o gettata in mare. Le fasi di modellazione iniziano con la quantificazione della riduzione di disponibilità di acqua dolce. Per gli umani, una riduzione della disponibilità di acqua dolce porta alla competizione tra i diversi usi dell'acqua, ad esempio troppa poca irrigazione porta a una riduzione della produzione agricola. La linea di



UNIVERSITÀ
DI PARMA



ragionamento è che la riduzione delle acque blu (acqua in laghi, fiumi, falde acquifere e precipitazioni) potenzialmente ridurrà anche l'acqua verde disponibile (umidità del suolo) e quindi porterà a una riduzione delle specie vegetali.

Di seguito vengono riportate l'analisi di confronto svolta tra le due bottiglie (100% vergine vs 50% vergine + 50% riciclato) e le analisi singole delle due bottiglie.

a) Confronto bottiglia PET e bottiglia 50% R-PET

In Figura 5.1, è riportato il risultato dell'analisi di confronto tra la bottiglia in PET vergine e quella con 50% di PET riciclato. Osservando il grafico, si può notare come in tutte le categorie selezionate, la bottiglia in PET vergine abbia un impatto più alto rispetto alla bottiglia con il 50% di R-PET.

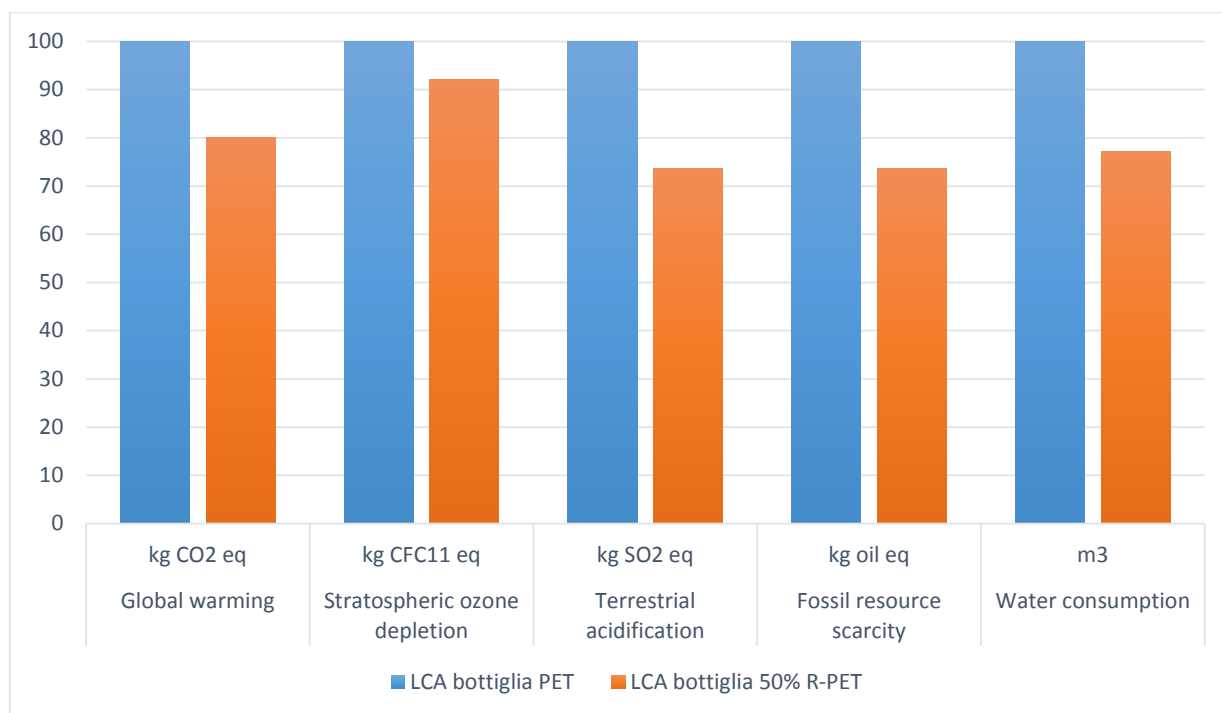


Figura 5.1. Confronto bottiglie in PET

In tutte le categorie considerate, si può notare una diminuzione dell'impatto ambientale con il passaggio dalla bottiglia interamente in PET vergine a quella con il 50% di PET riciclato. Nel dettaglio di ogni categoria, in Tabella 5.1 sono riportati i valori e le differenze percentuali dell'analisi di impatto ambientale effettuata sul confronto tra le due bottiglie.

Impact category	Unit	Bottiglia PET vergine	Bottiglia 50% R-PET	Differenza %
Global warming	kg CO2 eq	1,74E-01	1,39E-01	-20
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	5,57E-08	5,14E-08	-8
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	5,22E-04	3,84E-04	-26
Fossil resource scarcity	kg oil eq	6,67E-02	4,91E-02	-26
Water consumption	m3	1,58E-03	1,22E-03	-23

Tabella 5.1 Confronto bottiglie in PET

Questo risultato si può tradurre in una riduzione dei potenziali impatti ambientali per la bottiglia con il 50% di R-PET, sia legati alle emissioni in aria che all'utilizzo delle risorse fossili e al consumo di acqua, in quanto entrambe le risorse vengono sfruttate in minor quantità.

b) Bottiglia PET vergine

In Figura 5.2, è riportato il risultato dell'analisi della bottiglia in PET vergine. Osservando il grafico, si può notare come in tutte le categorie selezionate, le fonti di maggior impatto siano la bottiglia stessa, intesa come produzione di granulo e preforma, e i trasporti in uscita, nei quali sono considerati sia i componenti del packaging terziario (fardello, pallet, interfalde e film avvolgibile) che trasporti primario e secondario.

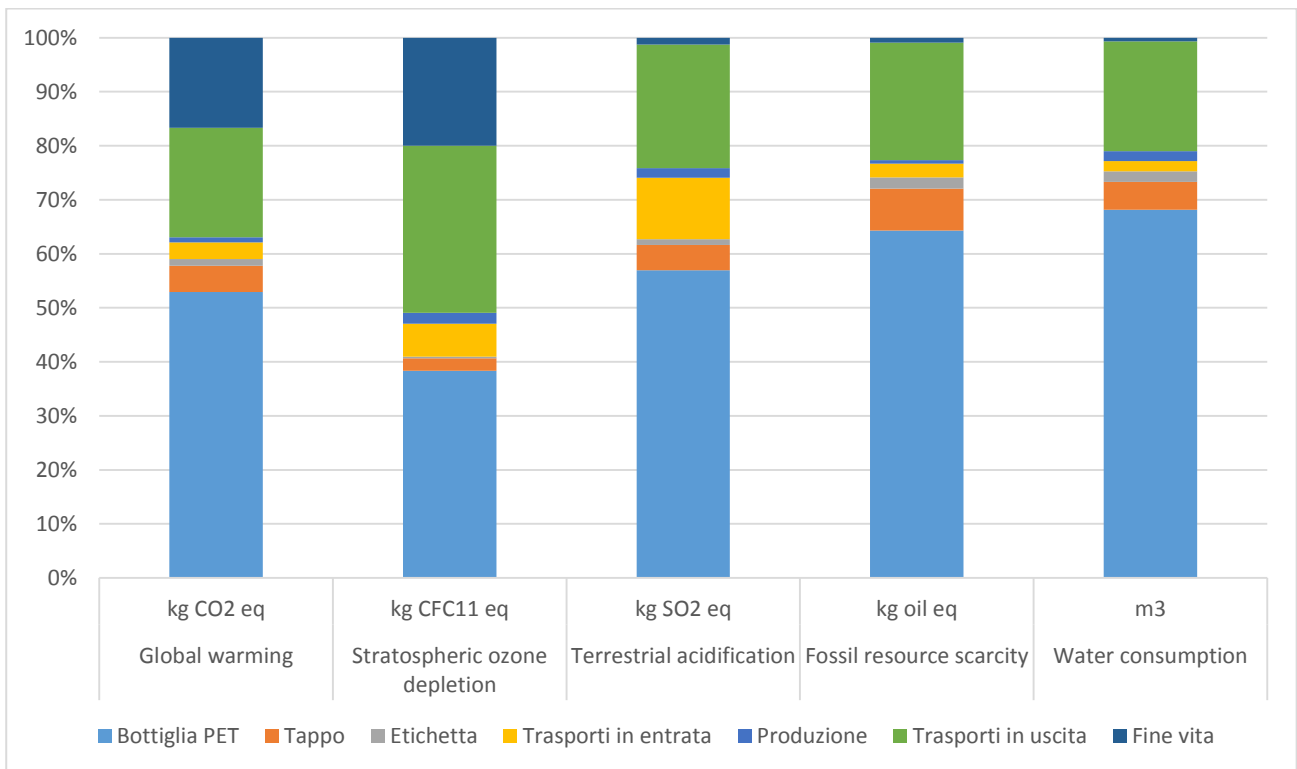


Figura 5.2. Analisi bottiglia in PET vergine

Nella categoria Global warming, analizzando più nello specifico i singoli passaggi che affronta il granulo di PET per essere trasformato in bottiglia si nota come la produzione del granulo sia l'impatto più elevato, rispetto ai consumi dovuti allo stampaggio della preforma e al successivo soffiaggio a bottiglia. L'impatto del granulo è dovuto principalmente alla produzione dell'acido tereftalico, ovvero uno dei due monomeri necessari per ottenere il PET che deriva dal petrolio. Nello scenario di fine vita l'incenerimento contribuisce in misura maggiore rispetto alla discarica, considerando che non si contabilizza il recupero energetico. Per quanto riguarda i trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, a



seguire il trasporto primario da Albano e con lo stesso andamento i due trasporti secondari. Il risultato è dovuto alla maggiore distanza percorsa dallo stabilimento di Roma al centro di distribuzione.

Nella categoria Stratospheric ozone depletion per quanto riguarda la produzione della bottiglia in PET, il processo ad impatto più elevato risulta essere la produzione del granulo, anche in questo caso attribuibile alla previa produzione dell'acido tereftalico. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, risultato che può essere attribuito alla maggior quantità di diesel utilizzata per percorrere una distanza più elevata. Nel fine vita, l'impatto principale è dovuto all'incenerimento dei materiali plastici del materiale di imballaggio.

Nella categoria Terrestrial acidification il processo con l'impatto più elevato risulta essere la produzione del granulo, sempre imputabile alla produzione dell'acido tereftalico. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, risultato che anche per questa categoria può essere attribuito alla maggior quantità di diesel utilizzata. Nel fine vita, prevale leggermente l'impatto dovuto all'incenerimento dei materiali plastici rispetto a discarica e riciclo.

Nella categoria Fossil resource scarcity il processo a maggior impatto risulta essere la produzione del granulo, sempre imputabile alla produzione del monomero di derivazione petrolifera. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, anche in questo caso, dovuto alla distanza più elevata percorsa dai mezzi. Nel fine vita, l'impatto maggiore è dovuto al trasporto del riciclo e alla costruzione delle strutture per la discarica.

Nella categoria Water consumption il processo con l'impatto più elevato risulta essere, anche in questa categoria, la produzione del granulo e la previa produzione del monomero a partire da derivati del petrolio. Nei trasporti in uscita impattano maggiormente i trasporti dallo stabilimento di Roma. Nel fine vita, prevale l'impatto dovuto alla discarica del materiale plastico che compone la bottiglia.

In Tabella 5.2 sono riportati i valori dell'analisi di impatto ambientale effettuata.

Impact category	Unit	Totale	Bottiglia PET	Capsula	Etichetta	Trasporti in entrata	Produzione	Trasporti in uscita	Fine vita
Global warming	kg CO2 eq	1,74E-01	9,23E-02	8,46E-03	2,08E-03	5,43E-03	1,61E-03	3,52E-02	2,91E-02
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	5,57E-08	2,12E-08	1,27E-09	1,60E-10	3,43E-09	1,14E-09	1,73E-08	1,12E-08
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	5,22E-04	2,98E-04	2,46E-05	5,48E-06	5,92E-05	9,19E-06	1,19E-04	6,60E-06
Fossil resource scarcity	kg oil eq	6,67E-02	4,29E-02	5,20E-03	1,36E-03	1,70E-03	4,31E-04	1,45E-02	6,20E-04
Water consumption	m3	1,58E-03	1,07E-03	8,25E-05	3,10E-05	2,95E-05	2,95E-05	3,23E-04	1,03E-05

Tabella 5.2 Analisi bottiglia in PET vergine

c) Bottiglia 50% R-PET

In Figura 5.3, è riportato il risultato dell'analisi della bottiglia con PET 50% riciclato. Osservando il grafico, si può notare come in tutte le categorie selezionate, le fonti di maggior impatto siano, anche in questo caso, la produzione della bottiglia stessa, e i trasporti in uscita.

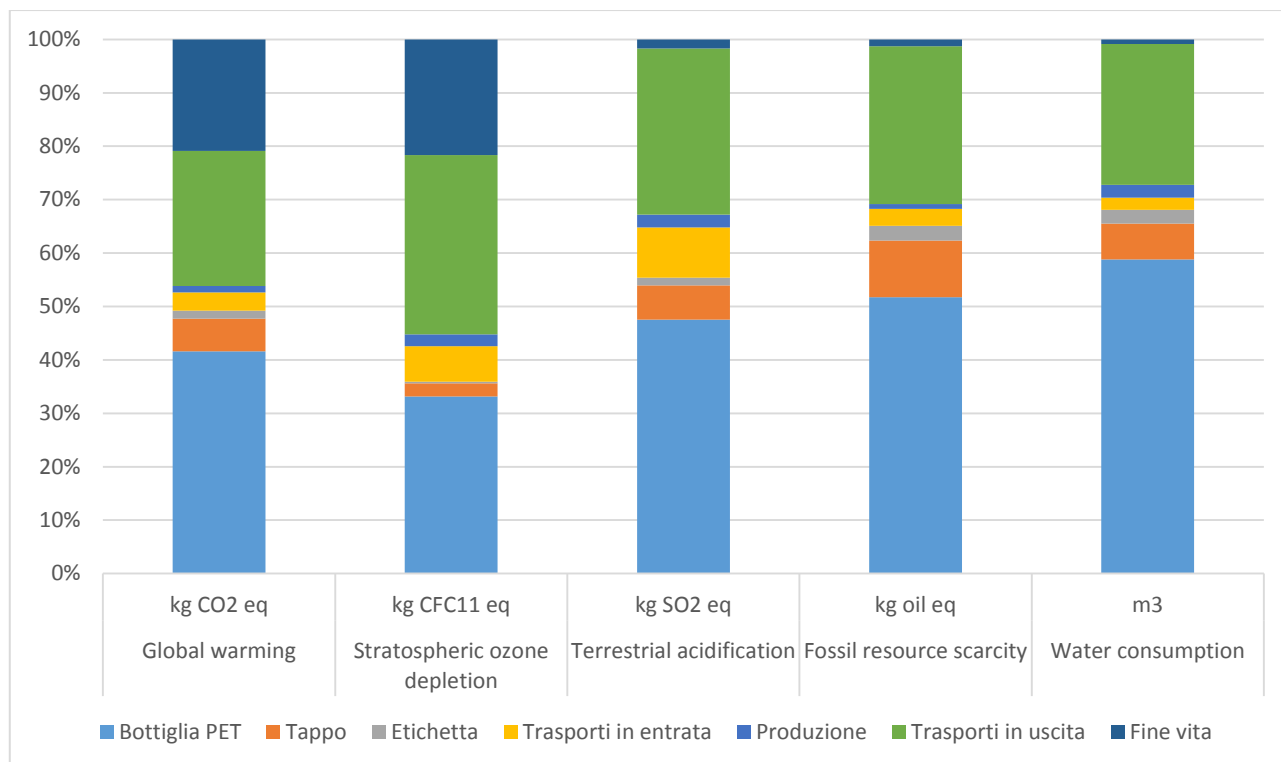


Figura 5.3. Analisi bottiglia con 50% R-PET

Nella categoria Global warming, anche in questo packaging, la produzione del granulo risulta l'impatto più elevato, rispetto ai consumi dovuti allo stampaggio della preforma e al successivo soffiaggio a bottiglia. L'impatto del granulo è dovuto principalmente alla produzione dell'acido tereftalico, ovvero uno dei due monomeri necessari per ottenere il PET. Per quanto riguarda i trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma. Il risultato è dovuto alla maggiore distanza percorsa dallo stabilimento di Roma al centro di distribuzione. Nel fine vita impatta maggiormente l'incenerimento rispetto alla discarica.

Nella categoria Stratospheric ozone depletion per quanto riguarda la produzione della bottiglia in PET, il processo ad impatto più elevato risulta essere la produzione del granulo, anche in questo caso attribuibile alla previa produzione dell'acido tereftalico. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, risultato che può essere imputato alla maggior distanza percorsa. Nel fine vita, l'impatto principale è dovuto all'incenerimento del materiale plastico che compone la bottiglia.



Nella categoria Terrestrial acidification il processo con l'impatto più elevato risulta essere la produzione del granulo, sempre imputabile alla produzione dell'acido tereftalico. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, risultato che anche per questa categoria può essere attribuito alla maggior distanza percorsa. Nel fine vita, prevale leggermente l'impatto dovuto all'incenerimento dei materiali plastici rispetto a discarica e riciclo.

Nella categoria Fossil resource scarcity il processo a maggior impatto risulta essere la produzione del granulo, anche in questo caso, attribuibile alla produzione del monomero di derivazione fossile. Nei trasporti in uscita impatta maggiormente il trasporto primario dallo stabilimento di Roma, sempre dovuto alla distanza più elevata percorsa dai mezzi. Nel fine vita, l'impatto maggiore è dovuto al trasporto del riciclo e alla costruzione delle strutture per la discarica.

Nella categoria Water consumption il processo con l'impatto più elevato risulta essere, anche in questa categoria, la produzione del granulo e la previa produzione del monomero a partire da derivati del petrolio. Nei trasporti in uscita impattano maggiormente i trasporti dallo stabilimento di Roma. Nel fine vita, prevale l'impatto dovuto alla discarica del materiale plastico che compone la bottiglia.

In Tabella 5.3 sono riportati i valori dell'analisi di impatto ambientale effettuata.

Impact category	Unit	Totale	Bottiglia PET	Capsula	Etichetta	Trasporti in entrata	Produzione	Trasporti in uscita	Fine vita
Global warming	kg CO2 eq	1,39E-01	5,81E-02	8,46E-03	2,08E-03	4,82E-03	1,61E-03	3,52E-02	2,91E-02
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	5,14E-08	1,70E-08	1,27E-09	1,60E-10	3,42E-09	1,14E-09	1,73E-08	1,12E-08
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	3,84E-04	1,83E-04	2,46E-05	5,48E-06	3,60E-05	9,19E-06	1,19E-04	6,60E-06
Fossil resource scarcity	kg oil eq	4,91E-02	2,54E-02	5,20E-03	1,36E-03	1,56E-03	4,31E-04	1,45E-02	6,20E-04
Water consumption	m3	1,22E-03	7,17E-04	8,25E-05	3,10E-05	2,84E-05	2,95E-05	3,23E-04	1,03E-05

Tabella 5.3 Analisi bottiglia con 50% R-PET



6. Interpretazione del ciclo di vita

I dati primari utilizzati nello studio sono stati raccolti da febbraio ad aprile 2019 e sono tutti riferiti all'anno 2018. Come già specificato all'inizio del report sono state fatte rilevazioni da Parmalat sui due stabilimenti di produzione delle bottiglie oggetto dello studio. Questo assicura la copertura geografica in quanto le bottiglie vengono confezionate negli stabilimenti di Albano e di Roma e vendute solo in Italia. Il processo tecnologico utilizzato per la produzione delle preforme è quello maggiormente utilizzato dai trasformatori di materiali plastici, ovvero injection moulding. Per quanto riguarda la rappresentatività dei dati, in relazione ai dati sulla produzione di PET non è stato possibile avere accesso ai dati primari dei produttori, e pertanto si è fatto ricorso al dato di banca dati, valutando anche la sensitività con diverse fonti dei dati, esposta in seguito. Tutti i dati primari sono stati ottenuti da rilevazioni dirette da parte dell'azienda Parmalat, quindi possono essere considerati precisi, coerenti e riproducibili.

Quello che si può osservare dalla valutazione dell'impatto è che con la sostituzione della bottiglia interamente in PET vergine con quella con il 50% di PET riciclato, si ha un beneficio in tutte le categorie considerate.

Effettuando l'analisi con l'intero set di categorie del metodo Recipe 2016, risulta che nelle categorie Freshwater ecotoxicity e Land use la bottiglia con il 50% di PET riciclato ha un risultato analogo alla bottiglia in PET vergine. Non sono presenti quindi categorie in cui la bottiglia con PET riciclato ha un profilo ambientale peggiore rispetto a quella in PET vergine. La categoria con il divario maggiore tra bottiglia in PET vergine e 50% R-PET risulta essere la categoria Fine particulate matter formation con il -33%. Nelle restanti categorie la bottiglia in 50% R-PET risulta migliore della bottiglia in PET vergine con una percentuale di media del -20%. L'analisi in incertezza effettuata sull'intero set di categorie, mostra come le categorie Marine e Freshwater ecotoxicity l'incertezza è del 50% mentre le altre categorie sono sotto il 5% di media.

Impact category	Unit	Differenza bottiglia (PET vergine – 50% RPET)	Differenza totale bottiglie (PET vergine – 50% RPET)
Global warming	kg CO ₂ eq	3,49E-02	1,78E+06
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	4,23E-09	2,16E-01
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	1,38E-04	7,04E+03
Fossil resource scarcity	kg oil eq	1,76E-02	9,00E+05
Water consumption	m ³	3,58E-04	1,83E+04



Tabella 6.1 Confronto impatto totale per singola bottiglia e per totale bottiglie vendute 2018

In Tabella 6.1 sono riportati i valori delle differenze di tutte le categorie per singola bottiglia e per il numero totale di bottiglie blu vendute nel 2018 (51 milioni).

L'acqua totale risparmiata con l'utilizzo di PET riciclato risulta essere 18300 m³ considerando i 51 milioni di bottiglie vendute. Se prendiamo ad esempio la capacità totale dell'acquario di Genova, ovvero 6000 m³ (fonte: http://www.ticketacquario.it/acquario_di_genova/curiosita.htm), con l'utilizzo del 50% di PET riciclato si risparmia circa 3 volte l'acqua contenuta nelle vasche dell'acquario.

La quantità risparmiata di anidride carbonica equivalente con la produzione delle bottiglie con 50% R-PET rispetto a quelle in PET vergine, risulta essere 1780 ton considerando le 51 milioni di bottiglie vendute. Partendo da un dato del CeRTES (Centro Ricerche Tappeti Erbosi Sportivi dell'Università di Pisa), che riporta che 1.000 mq di prato fissano circa 6 tonnellate di CO₂/anno è possibile ricavare, rapportando alle tonnellate totali ottenute, 297000 mq di superficie necessaria ad assorbire l'anidride carbonica evitata. Questa superficie può essere paragonata a 29 campi da rugby in quanto ciascun campo misura circa 10000 mq.

Se invece considerassimo l'assorbimento medio di una pianta durante la sua vita, è possibile calcolare il numero di piante che servirebbero per assorbire la CO₂ risparmiata cambiando la bottiglia da PET vergine a 50% PET riciclato. Prendendo 25 kg CO₂/anno come assorbimento di una pianta in un contesto naturale (interno ai valori reperibili alla fonte. <https://www.reteclima.it/l-albero-mangia-la-co2/> ed in linea con lo studio pubblicato da Carlsberg <https://carlsbergitalia.it/azienda/ricerca-e-innovazione/draughtmaster/>), risultano 71200 alberi che sarebbero necessari all'assorbimento dell'eccesso di anidride carbonica emessa con l'utilizzo della bottiglia totalmente in PET vergine.

L'interpretazione dei risultati si è focalizzata, in particolare, su queste due categorie perché quelle più fruibili al consumatore, ma anche nelle categorie Terrestrial acidification e Fossil resource scarcity si ha una diminuzione dell'impatto ambientale del -26% con l'introduzione della bottiglia in 50% PET riciclato. Questo risultato può essere tradotto in una diminuzione di emissione di gas responsabili delle piogge acide (ossidi di azoto e di zolfo) e in un minor utilizzo delle risorse non rinnovabili (in particolare quelle fossili) con l'adozione della bottiglia blu con il 50% di PET riciclato. La differenza della categoria Stratospheric ozone depletion è solo del -8%, in quanto l'impatto in questa categoria è dovuto principalmente alle emissioni dovute al trasporto e all'incenerimento dei materiali, che risultano essere uguali per entrambe le bottiglie.

Come si evince dai risultati ottenuti, la sostituzione del 50% di materiale con PET riciclato, comporta un risultato confrontabile con quello della bottiglia in PET vergine per le categorie di freshwater ecotoxicity e



land use, ed un miglior profilo ambientale per tutte le altre analizzate dell'ordine del 20% anche se la differenza tra vergine vs riciclato è ben maggiore. Prendendo ad esempio la categoria Global warming, il valore di 1 kg di PET vergine (ID) è di 3,56 kg CO₂ eq, rispetto al valore di 1 kg di PET riciclato (AT) è di 0,537 kg CO₂ eq. La differenza tra i singoli materiali risulta quindi di circa un ordine di grandezza. I risultati dello studio sono espressioni relative e non prevedono impatti sulle finalità di categoria, superamenti delle soglie, margini di sicurezza o rischi.

In relazione all'obiettivo dello studio, la sostituzione della bottiglia in PET vergine con la bottiglia in 50% PET riciclato comporta un miglioramento del profilo ambientale del packaging in oggetto. Per quanto riguarda l'analisi delle bottiglie singole, si è notato che la produzione del granulo risulta la voce di impatto maggiore, in quanto i monomeri necessari all'ottenimento del PET derivano dal petrolio. L'approfondimento dell'analisi fino ad ottenere i dati primari dal produttore [...] del granulo in PET vergine e dal produttore [...] del granulo in PET riciclato, potrebbe rendere ancora più veritiero il confronto tra i due packaging. In questo studio non è stato possibile ottenere maggiori dettagli per limiti temporali stabiliti dall'azienda proponente, oltre al fatto che per segreto industriale molte aziende preferiscono non condividere i loro dati di consumi energetici ed emissioni ambientali. Gli altri dati utilizzati sono tutti primari, quindi lo studio è rappresentativo del processo di distribuzione e smaltimento delle bottiglie, mentre la fase di produzione delle materie prime per le bottiglie è legata a dataset secondari.

a) Analisi di incertezza

L'analisi di incertezza è una procedura che serve per determinare in che modo le incertezze nei dati e nelle ipotesi progrediscono nei calcoli e come incidono sull'affidabilità dei risultati. In generale, nel confronto tra due prodotti A e B, se il 90-95% delle iterazioni dell'analisi sono favorevoli per un prodotto, la differenza tra A e B può essere considerata significativa. L'analisi d'incertezza in esame, tiene conto solo dell'incertezza dei dati, e non delle assunzioni fatte. L'analisi utilizzata per elaborare i dati di incertezza e stabilire un intervallo di incertezza nei risultati ottenuti, è quella di Monte Carlo. Il numero di run effettuati sono 1000. In Figura 6.1 è riportata l'analisi di incertezza svolta sul confronto tra le due bottiglie blu di latte microfiltrato, in cui il prodotto A è la bottiglia in PET vergine, mentre il prodotto B è la bottiglia con 50% R-PET.

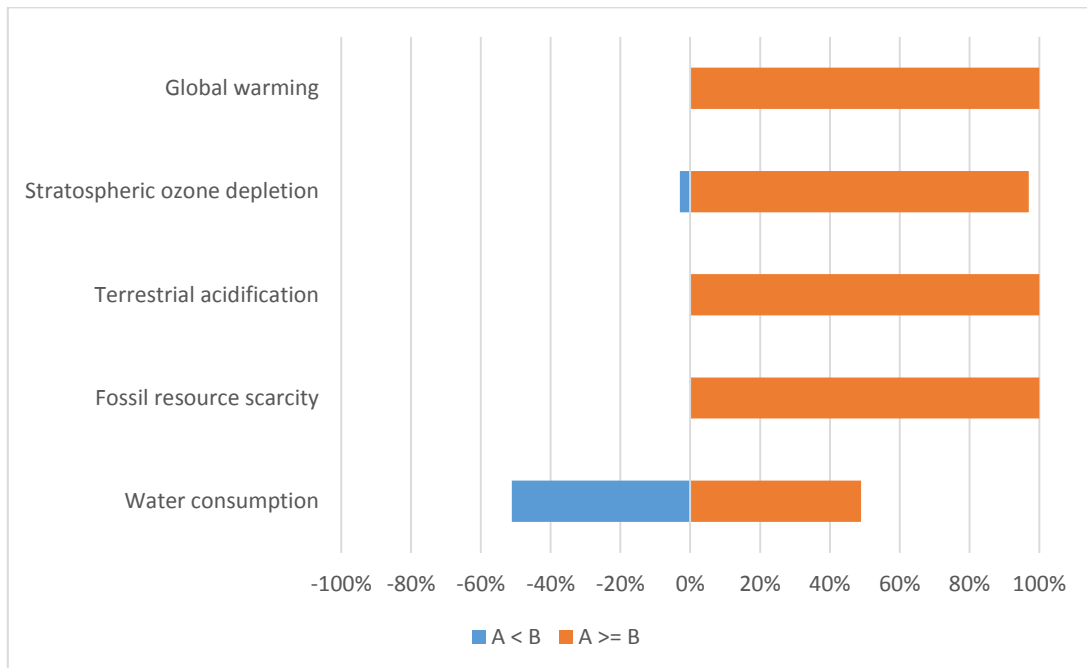


Figura 6.1 Analisi di incertezza

Dall'analisi di incertezza condotta è possibile arrivare alla conclusione che le asserzioni che si fanno sulle prime 4 categorie (Global warming, Stratospheric ozone depletion, Terrestrial acidification, Fossil resource scarcity) hanno un'incertezza inferiore al 3% (questo valore è stato ottenuto solo per la categoria Stratospheric ozone depletion). E' quindi possibile affermare che l'impatto di A (bottiglia in PET vergine) è maggiore dell'impatto di B (bottiglia in 50% R-PET) per le categorie analizzate, mentre per le categorie di freshwater ecotoxicity e land use i profili ambientali delle due bottiglie sono comparabili. Per la categoria Water consumption l'incertezza è invece del 50%, bisogna quindi tenere presente questa scarsa affidabilità dei risultati prima di giungere a determinate conclusioni su questa categoria.

b) Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività consiste nella modificazione di alcuni fattori per valutare l'effetto che essi hanno sull'impatto complessivo del sistema considerato.

La prima valutazione che è stata fatta riguarda l'utilizzo di un dataset di Plastics Europe per il granulo di PET vergine, in quanto il dato di Ecoinvent risulta meno aggiornato. Dall'analisi di sensitività del granulo di PET vergine, come riportato in Figura 6.2, il dato preso dal database Ecoinvent modificato con il mix energetico [...] (linea azzurra) è maggiore di circa il 20% nelle categorie Global warming e Terrestrial acidification, mentre nelle altre categorie il dato preso da Plastics Europe (linea arancio) risulta peggiore, fino a più del 90% nella categoria Stratospheric ozone depletion.

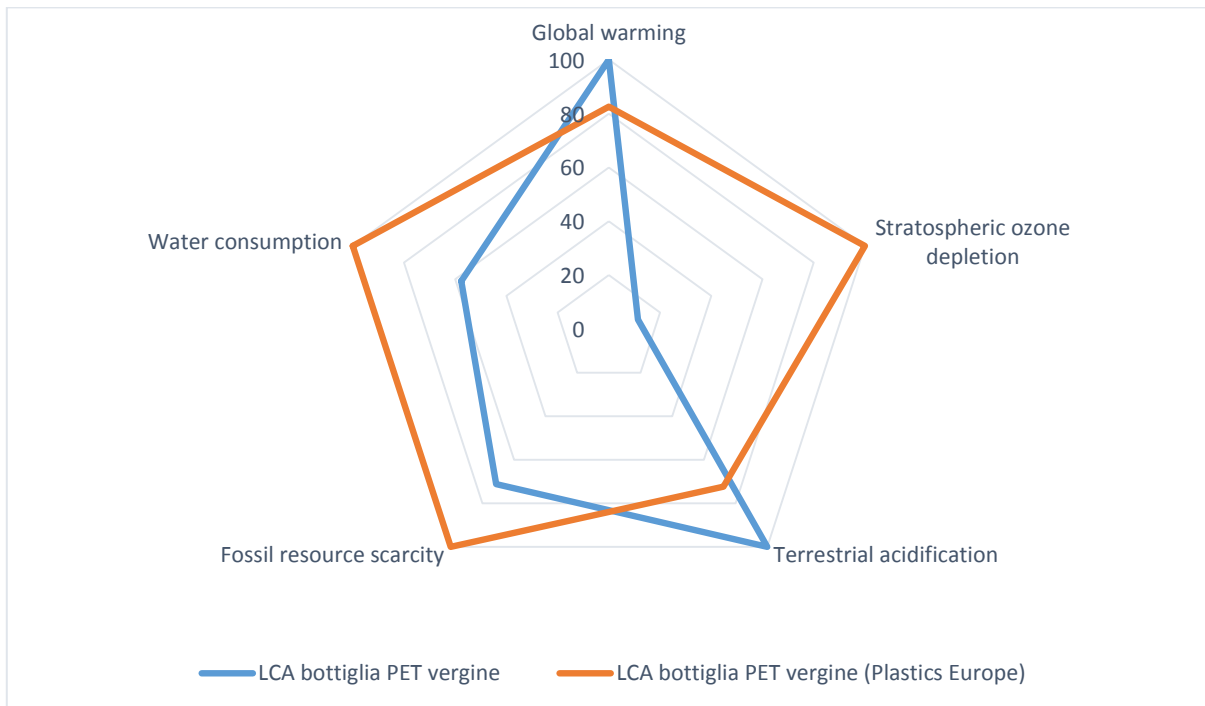


Figura 6.2 Analisi di sensitività del granulo di PET vergine

Si sottolinea tuttavia che i dati di produzione del granulo vergine in PET, utilizzati per il confronto, sono relativi al contesto europeo [...] . Anche considerando l'influenza del mix [...] nel profilo complessivo, la differenza tra le due bottiglie rimane ancora evidente, e pertanto nonostante il dato di Ecoinvent sul PET non sia il più aggiornato, le conclusioni sono ancora applicabili. Gli autori hanno ritenuto più aderente alla realtà il dataset di Ecoinvent con profilo energetico [...]. Oltre a questo studio si sottolinea come in letteratura (seppure con metodi di analisi di impatto e confini del sistema diversi) i valori di impatto del PET vergine realizzato siano sempre più alti di quelli ottenuti tramite utilizzo del dataset Plastics Europe (Chen et al., 2016; Horowitz et al., 2018). Per la categoria Global warming, utilizzando il dataset di Ecoinvent, il valore di 1 kg di PET vergine (ID) è di 3,56 kg CO₂ eq, rispetto a quello di Plastics Europe che risulta di 2,21 kg CO₂ eq (risultati ottenuti con il metodo Recipe Midpoint H 2016).

Dall'analisi di sensitività del granulo con il 50% di PET riciclato, come riportato in Figura 6.3, con il dato preso dal database Ecoinvent modificato con il mix energetico [...] (linea azzurra) l'impatto è maggiore di circa il 15% nelle categorie Global warming e Terrestrial acidification, mentre con il dato preso da Plastics Europe (linea arancio) l'impatto risulta migliore, fino a circa -80% nella categoria Stratospheric ozone depletion.

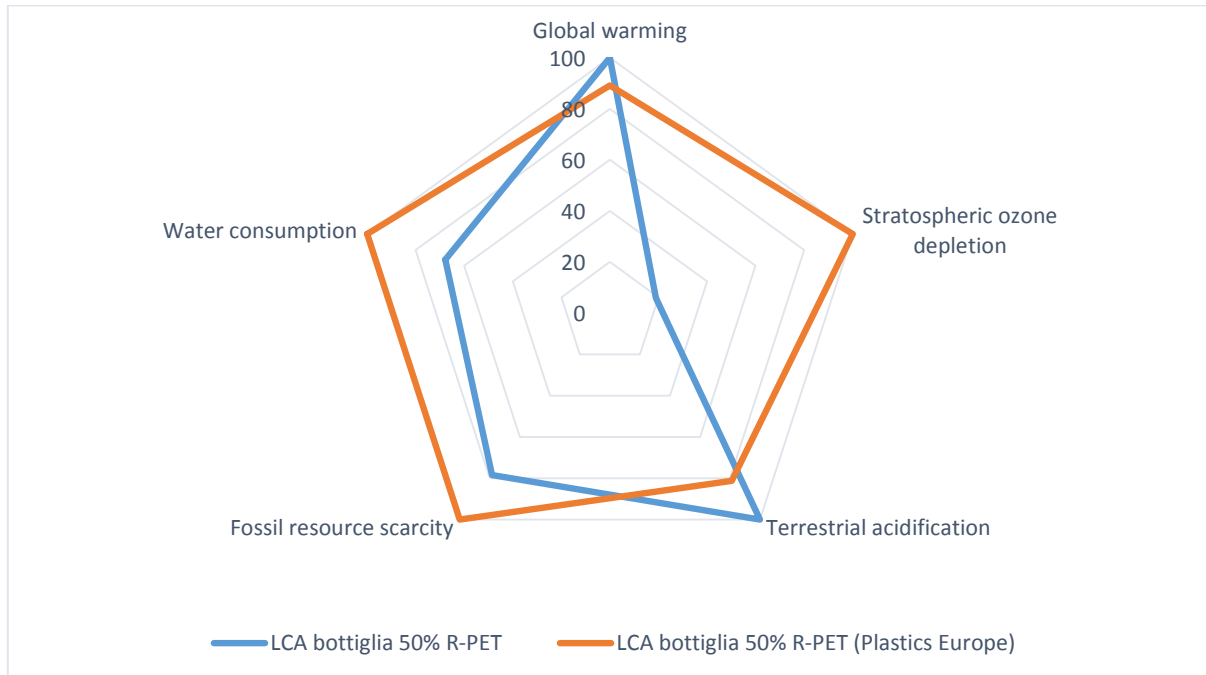


Figura 6.3 Analisi di sensitività del granulo con 50% R-PET

Il confronto, sull’LCA totale, tra l’utilizzo del granulo preso dal database Ecoinvent (modificato con il mix [...]) e il granulo preso dal dataset di Plastics Europe, risulta migliorativo utilizzando quello di Ecoinvent. Questo significa che la differenza tra le bottiglie in PET vergine e in 50% R-PET è maggiore se si utilizza il dato di Ecoinvent. Valgono comunque le considerazioni fatte prima riguardo la miglior rappresentatività del granulo con mix [...], rispetto a quello europeo.



7. Bibliografia

- Baldo G., Marino M., Rossi S., *Analisi del ciclo di vita LCA, Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi*, Edizioni Ambiente, 2008.
- Chen, L., Pelton, R. E. O., Smith, T. M. (2016). *Comparative life cycle assessment of fossil and bio-based polyethylene terephthalate (PET) bottles*. Journal of Cleaner Production, 137, 667-676.
- Comieco, *Rapporto Raccolta, Riciclo e Recupero di carta e cartone 2017*, reperibile al sito: http://www.comieco.org/allegati/2018/7/23rapporto-comieco_dati-2017_173493.pdf
- Corepla, *Rapporto di sostenibilità 2017*, reperibile al sito: <http://www.corepla.it/documenti/c5fcc5ca-cff0-44d4-9482-781b64d8f30c/Rapporto+di+sostenibilita%CC%80+2017.pdf>
- Gomes, T. S., Visconte, L. L. Y., Pacheco, E. B. A. V. (2019). *Life cycle assessment of polyethylene terephthalate packaging: An overview*. Journal of Polymers and the Environment, 27(3), 533-548.
- Horowitz, N., Frago, J., Mu, D. (2018). *Life cycle assessment of bottled water: A case study of Green2O products*. Waste Management, 76, 734-743.
- Rilegno, *Rapporto 2018 Progetti, Innovazione, Prospettive*, reperibile al sito: <http://www.rilegno.org/wp-content/uploads/2018/08/Rapporto-2018-completo.pdf>
- Sonnemann G., Vigon B., (2011) *Global guidance principles for life cycle assessment databases: a basis for greener processes and products*. Publication of the UNEP/ SETAC Life Cycle Initiative, ISBN 978-92-807-3174-3, UNEP, Paris.
- UNI EN ISO 14040:2006 *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland.
- UNI EN ISO 14044:2006 *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland.
- Weidema B. P., Bauer C., Hischer R., Mutel C., Nemecek T., Reinhard J., Vadenbo C. O., Wernet G., (2013), *Overview and methodology, Data quality guideline for the ecoinvent database version 3, ecoinvent Report 1(v3)*, St. Gallen: The ecoinvent Centre.
- Dati tecnici e materiale a supporto fornito da Parmalat nel periodo 1 febbraio 2019 –01 aprile 2019.



UNIVERSITÀ
DI PARMA



8. Critical review statement

Ing. Marco Bianchi

R&D Packaging Development Manager

Parmalat Italy

Via Genova, 2

43044 Collecchio (PR)

Italy

Critical Review Statement relativo allo studio “Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat”

Titolo dello studio: Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat

Committente dello studio: Parmalat Italy. Referente: Ing. Marco Bianchi, R&D Packaging Development Manager

Esecutori dello studio: Prof. Giuseppe Vignali, Ing. Alice Verdelli, Ing. Giulia Borghesi (Centro Interdipartimentale per il Packaging – CIPACK c/o Dipartimento Ingegneria Industriale Università degli studi di Parma)

Report di LCA: Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat. Versione 1.3, luglio 2019

Revisore: Alessandra Zamagni (Ecoinnovazione)

Ambito d'applicazione

Il revisore esterno ha avuto il compito di revisionare criticamente il rapporto di LCA, il modello implementato in Simapro, i dati primari utilizzati e i dataset di background, e i metodi ed approcci per il calcolo nello studio “Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat”. I prodotti inclusi nella revisione critica sono una bottiglia blu in PET vergine utilizzata per il confezionamento del latte microfiltrato e una bottiglia contenente il 50% di PET riciclato. L'obiettivo dello studio è duplice: il confronto delle due bottiglie, e la quantificazione del profilo ambientale



delle singole bottiglie blu in PET, quest'ultimo al fine di identificare gli hotspot ambientali. I confini del sistema dello studio sono dalla culla alla tomba, con l'esclusione della fase d'uso.

La review è stata condotta per valutare che:

- I metodi utilizzati per condurre lo studio di LCA siano coerenti con gli standard ISO 14040 e 14044;
- I metodi utilizzati per condurre lo studio di LCA siano scientificamente e tecnicamente validi;
- I dati utilizzati sono appropriati e ragionevoli in relazione all'obiettivo e al campo di applicazione;
- L'interpretazione riflette le limitazioni identificate nell'obiettivo e campo di applicazione dello studio;
- Il rapporto tecnico di LCA sia trasparente e coerente.

Questo Critical Review Statement viene consegnato a Parmalat Italia. Il revisore non è responsabile dell'uso di questo documento e dei relativi risultati da parte di una parte terza. Le conclusioni del revisore sono relative all'intero rapporto "Analisi LCA delle bottiglie blu in PET utilizzate per il confezionamento di latte microfiltrato Parmalat, luglio 2019" e a nessun altro documento tecnico, o estratto o pubblicazione che ne può derivare. Le conclusioni del rapporto di revisione sono state raggiunte considerando l'attuale stato dell'arte e le informazioni fornite; inoltre, sono specifiche del contesto e del contenuto riportati dello studio fornito e non possono essere generalizzate.

Processo di revisione

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Parma, Centro Ricerche CIPACK, ha sviluppato lo studio di LCA da sottoporre a revisione critica indipendente, in accordo con la ISO 14040 e 14044.

La documentazione è stata inviata al revisore via email: è stato organizzato un meeting virtuale con gli analisti LCA all'inizio del processo di revisione, per chiarire alcuni aspetti relativamente all'impostazione dello studio, e per analizzare il modello costruito in Simapro. I commenti venivano annotati dal revisore in un foglio excel e direttamente nel report LCA, ed inviati per commenti ed azioni. Le informazioni scambiate durante il processo di revisione sono pertanto tracciate e disponibili al committente dello studio.

Per quanto riguarda i dati, il revisore ha effettuato un'analisi di plausibilità, ma non sono stati verificati i dati primari alla fonte.

Risultati della revisione

L'aspetto principale dello studio è relativo all'utilizzo di dataset secondari per il PET e il PET riciclato, in quanto non è stato possibile per gli analisti LCA avere accesso al dato primario dei produttori. Questo elemento influisce notevolmente sulla rappresentatività del dato e dei risultati dello studio, tuttavia sono state effettuate analisi di sensitività con altri dataset secondari. Anche considerando l'influenza del mix energetico



nel profilo complessivo, la differenza tra le due bottiglie rimane ancora evidente, e pertanto nonostante il dato di Ecoinvent sul PET non sia il più aggiornato, le conclusioni dello studio sono ancora applicabili.

Inoltre, lo studio avrebbe potuto beneficiare di un dettaglio e approfondimento maggiore in relazione alla modellazione del prodotto e del fine vita, valutando non solo un approccio cut-off ma testando anche altri approcci quali ad esempio il metodo di sostituzione a fine vita o la Circular Footprint Formula.

Per quanto riguarda i restanti dataset di LCI utilizzati per la modellazione del sistema prodotto, è stata utilizzata la versione 3.4 di Ecoinvent, e la qualità dei dataset è stata considerata buona per le finalità dello studio. I confini del sistema sono stati valutati robusti e sufficientemente descritti nel rapporto tecnico. Per quanto riguarda le categorie di potenziale impatto ambientale, è stato utilizzato il metodo Recipe 2016 Midpoint (H): l'analisi è stata condotta su tutte le categorie del metodo, mentre l'interpretazione è stata condotta su un subset di aspetti ambientali, la cui identificazione e selezione è stata giustificata nel rapporto.

In accordo con l'obiettivo ed il campo di applicazione, i risultati dello studio verranno utilizzati per una comunicazione sia interna all'azienda che esterna: il revisore considera lo studio utilizzabile per queste finalità.

Bologna, 26 luglio 2019

Alessandra Zamagni