



*Nonno  
Nanni*

# Life Cycle Assessment Study Report

Confronto tra packaging base  
e sostenibile formato da 250g

Revisione: 01

Data: 13 febbraio 2023

Codice Progetto: 22-49

## Sommario

Sommario .....	i
1 Aspetti generali.....	1
1.1 LCA: cenni metodologici .....	1
1.2 Committente .....	4
1.3 Tempi sviluppo del rapporto .....	4
1.4 Riferimenti normativi .....	4
2 Obiettivo dello studio .....	5
2.1 Motivazioni dello studio .....	5
2.2 Applicazioni previste e destinatari dello studio .....	5
3 Campo di applicazione dello studio.....	6
3.1 La funzione del prodotto analizzato .....	6
3.2 Unità funzionale .....	7
3.3 Confini del sistema .....	7
3.4 Criteri di esclusione .....	8
4 Analisi dell'inventario del ciclo di vita .....	9
4.1 Procedimenti di raccolta dei dati .....	9
4.2 Descrizione qualitativa e quantitativa di processi unitari .....	9
4.2.1 Processi di produzione della vaschetta .....	9
4.2.2 Processi di produzione del flow pack .....	10
4.2.3 Processi di fine vita .....	10
4.3 Fonti della letteratura pubblicata.....	10
4.4 Procedure di calcolo .....	10
4.5 Validazione dei dati .....	11
4.5.1 Valutazione della qualità dei dati .....	11
4.5.2 Trattamento dei dati mancanti .....	11
4.6 Analisi di sensibilità per correggere i confini del sistema.....	11
4.7 Principi e procedimenti di allocazione.....	12
5 Valutazione dell'impatto del ciclo di vita .....	13
5.1 Modelli, categorie di impatto e indicatori considerati .....	13
5.2 I risultati dello studio .....	14
5.3 Le limitazioni dei risultati dell'Life Cycle Inventory Assessment (LCIA).....	16
5.4 Risultati dell'LCIA rispetto all'obiettivo e al campo di applicazione.....	16

5.5	Risultati dell'LCIA rispetto ai risultati dell'Life Cycle Inventory (LCI).....	16
6	Interpretazione del ciclo di vita .....	17
6.1	Analisi di sensibilità .....	23
6.1.1	LCA comparativo considerando i benefici del fine vita .....	23
6.1.2	LCA comparativo considerando una maggiore riciclabilità del flow pack in PP .....	24
6.2	Qualità dei dati .....	26
6.2.1	Controllo di completezza .....	26
6.2.2	Controllo di sensibilità .....	26
6.2.3	Controllo di coerenza .....	27
6.2.4	Stima dell'incertezza.....	27
6.3	Giudizi di esperti.....	28
7	Riesame critico .....	29
8	Bibliografia.....	30

## 1 Aspetti generali

La Valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) è un consolidato approccio metodologico alla analisi di impatto ambientale di prodotti e servizi, che consiste nella *compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata ed in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto*. Attraverso una LCA è dunque possibile ricostruire le fasi che caratterizzano il ciclo di vita di un prodotto/servizio (dall'approvvigionamento di materie prime, ai processi di trasformazione, al trasporto e alla distribuzione, fino all'utilizzo e/o consumo e allo smaltimento/dismissione), calcolando per ognuna di esse il potenziale impatto secondo codificati e riconosciuti indicatori di impatto ambientale (es.: effetto serra, eutrofizzazione, acidificazione, ecc.).

In ambito LCA ha trovato grande diffusione la "*Carbon Footprint*" (Impronta di Carbonio - CFP): essa rappresenta un indicatore ambientale che esprime la quantità totale delle emissioni di gas ad effetto serra emesse, direttamente o indirettamente, durante il ciclo di vita di un prodotto, di un'organizzazione o di un servizio e fornisce una quantificazione dell'impatto delle attività umane, espressa come quantità di anidride carbonica equivalente (CO<sub>2</sub>eq).

Nel calcolo dalla *Carbon Footprint* si tiene conto di tutti i gas clima-alteranti del Protocollo di Kyoto, tra cui l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>), l'ossido nitroso (N<sub>2</sub>O) e altri composti chimici (come i CFC, Halon, HCFC, ecc.). Ciascuna di queste emissioni è moltiplicata per il corrispondente coefficiente di caratterizzazione del potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) e la somma totale fornisce il valore di carbon footprint.

Il presente rapporto di analisi del ciclo di vita è conforme alle norme ISO 14040 e ISO 14044

Il presente rapporto comprendente l'inventario dello studio LCA, nonché il modello informatico con cui sono stati elaborati i dati e valutati gli impatti, può esser sottoposto a validazione da parte di un organismo di terza parte, meglio se accreditato da Accredia.

### 1.1 LCA: cenni metodologici

L'analisi del ciclo di vita dei processi produttivi, conosciuta a livello internazionale come LCA (Life Cycle Assessment), può essere considerata come l'evoluzione della tecnica d'analisi energetica, la REPA (Resource and Environmental Profile Analysis), i cui primi esempi d'applicazione risalgono agli anni 1960-1970, quando alcune grandi industrie hanno cominciato a rivolgere un interesse particolare ai temi del risparmio delle risorse energetiche e materiali e del contenimento delle emissioni nell'ambiente.

La metodologia LCA fornisce una valutazione degli impatti ambientali potenziali associati al ciclo di vita del prodotto o processo, che può essere utilizzata in varie forme e come strumento di comunicazione indirizzato ai diversi stakeholders.

La *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), durante il congresso di Vermont in Canada del 1993 ha così definito l'LCA: "è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione può includere l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale".

Importanti aspetti da sottolineare in questa definizione sono:

- ✓ l'oggettività del procedimento, per cui risulta essenziale che vengano seguiti precisi passaggi (fasi) e che la valutazione debba derivare dall'analisi di dati scientificamente verificabili e confrontabili;
- ✓ l'oggetto della valutazione sono i carichi energetici ed ambientali imputabili allo stato in essere di un processo o un'attività che portano alla produzione di un prodotto in senso lato o all'erogazione di un servizio;
- ✓ la possibilità di considerare l'intero ciclo di vita del processo o attività, senza tralasciare nessuna fase direttamente imputabili all'oggetto (unità funzionale/dichiarata) dello studio. Per ciclo di vita si intendono gli stadi consecutivi e collegati del sistema produttivo, dall'acquisizione della materia prima, al ciclo produttivo, all'uso e allo smaltimento finale.

La metodologia LCA è applicata seguendo le norme UNI EN ISO 14040:2021 e UNI EN ISO 14044:2021 e prevede le seguenti quattro fasi:

1. Goal Definition and Scoping;
2. Life Cycle Inventory Analysis (LCI);
3. Life Cycle Impact Assessment (LCIA);
4. Life Cycle Interpretation.

### **Definizione degli obiettivi, del campo di applicazione e dei confini del sistema**

Vengono definite le finalità dello studio, il campo di applicazione, l'unità funzionale/dichiarata, i confini del sistema, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti. Nella fase di definizione dello studio, perché sia caratterizzata da rapidità e adeguatezza, vengono valutati progressivamente:

- ✓ gli obiettivi dell'analisi LCA (definizione del problema da analizzare, ossia se, ad esempio, si vogliono confrontare due prodotti o migliorarne alcuni già esistenti o progettarne di nuovi);
- ✓ il livello di dettaglio (grado di accuratezza dell'analisi);
- ✓ l'oggetto dello studio (tipologia di prodotto, quantità, limiti temporali per la produzione, funzioni rilevanti).

L'**obiettivo** di uno studio LCA deve stabilire senza ambiguità quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio.

Il **campo di applicazione** di uno studio di LCA deve specificare chiaramente le funzioni del sistema allo studio. Il campo di applicazione dovrebbe essere sufficientemente ben definito, al fine di assicurare che l'ampiezza, la profondità e il dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e sufficienti per conseguirlo. La LCA è una tecnica iterativa. Di conseguenza può essere necessario modificare il campo di applicazione dello studio, per effetto di informazioni supplementari raccolte nel corso dello studio [ISO 14040:2006, Par. 5.2.1.1 e 5.2.1.2].

Una **unità funzionale** costituisce una misura della prestazione del flusso in uscita funzionale del sistema di prodotto. In alternativa, una **unità dichiarata** rappresenta la quantità (in termini di massa, lunghezza o volume) di un prodotto, utilizzata come unità di riferimento nella quantificazione dei potenziali impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto.

Lo scopo principale dell'unità funzionale/dichiarata è di fornire un riferimento a cui legare i flussi in entrata e in uscita. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità dei risultati della LCA, che potrebbe essere particolarmente critica quando si valutano sistemi differenti, perché ci si deve assicurare che le comparazioni siano fatte su una base comune.

Un sistema può avere un gran numero di funzioni possibili e la funzione scelta per lo studio dipende dall'obiettivo e dal campo di applicazione. La corrispondente unità funzionale deve essere definita e misurabile. [ISO 14040: 2006, Par. 5.2.2].

I **confini del sistema** determinano le unità di processo che devono essere incluse nello studio LCA. Numerosi fattori determinano i confini del sistema, fra i quali le applicazioni previste dello studio, le ipotesi assunte, i criteri di esclusione, le costrizioni prodotte dai dati e dai costi, il pubblico destinatario. I criteri utilizzati nella definizione dei confini del sistema impongono il grado di confidenza per assicurare che i risultati dello studio non siano stati compromessi e l'obiettivo di un dato studio sia raggiunto (ISO 14040: 2006, Par. 5.2.3). Qualunque decisione di eliminare fasi del ciclo di vita, processi o flussi in ingresso/uscita deve essere chiaramente indicata e giustificata.

### **Analisi di inventario (LCI)**

Consiste nell'individuazione e quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dal sistema oggetto di analisi lungo tutta la sua vita. Verranno, quindi, identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati), di energia (termica ed elettrica) e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale.

Questa fase è costituita da quattro parti fondamentali:

1. lo schema del diagramma di flusso (*Process flow-chart*): rappresentazione grafica e qualitativa di tutte le fasi rilevanti dei processi coinvolti nel ciclo di vita del sistema analizzato. È composto da sequenze di processi (*boxes*) collegati da flussi di materiali (freccie). La sua caratteristica fondamentale è quella di dividere un sistema in vari sottosistemi ed esplicitare azioni di interconnessione; la produzione principale, la produzione secondaria o co-prodotto, la produzione di materiali ausiliari, la produzione di energia e la possibilità di recuperarla sotto forma di calore o di elettricità, il consumo di energia dovuto ai vari processi, i mezzi di trasporto utilizzati per il trasporto del prodotto e del co-prodotto, il trattamento dei rifiuti. Il flow-chart permette, inoltre, di visualizzare e poi raccogliere i dati di input e di output per ogni fase del processo.
2. La raccolta dei dati (*Data collection*).
3. La definizione delle condizioni al contorno (*System boundaries*): definizione dei punti di confine tra il sistema studiato e l'ambiente.
4. L'elaborazione dei dati (*Data processing*).

### **Analisi degli impatti potenziali (LCIA)**

La fase di LCIA è lo studio dell'impatto ambientale provocato da un processo produttivo o da una attività, effettuato mediante l'ausilio di alcuni indicatori aggregati di uso internazionale che consentono di quantificare gli impatti potenziali e confrontare le eventuali alternative di processo o di prodotto e di software di calcolo. In questa fase si passa dal dato numerico calcolato nella fase precedente al giudizio di pericolosità.

L'Analisi degli impatti potenziali è suddivisa in quattro fasi:

1. Classificazione (fase qualitativa, nella quale i dati dell'inventario vengono suddivisi in gruppi di temi o categorie di impatti ambientali potenziali, queste sono riconducibili a tre grandi aree di protezione generale: esaurimento delle risorse, salute umana, conservazione dell'ambiente);

2. Caratterizzazione, in cui si quantificano e aggregano gli impatti potenziali per individuare il danno relativo alla sostanza emessa o alla risorsa usata;
3. Normalizzazione, che divide i valori ottenuti nella fase precedente per l'impatto della vita media di un anno del cittadino medio europeo (o della popolazione mondiale) nella stessa categoria, allo scopo di rendere confrontabili le categorie che hanno diverse unità di misura;
4. Valutazione, che attribuisce un valore in termini d'importanza a ciascun impatto e che può essere effettuata seguendo diverse prospettive culturali.

Le prime due fasi sono obbligatorie, mentre le altre sono facoltative. In questo studio sono state considerate solo le fasi di classificazione e caratterizzazione.

### **Interpretazione dei risultati**

E' la fase finalizzata ad interpretare i risultati dell'analisi identificando le criticità ambientali e mettendo in evidenza le potenzialità di miglioramento, sia tecniche che gestionali, del ciclo di vita del prodotto oggetto di studio. A supporto dell'interpretazione dei risultati, possono essere effettuate delle analisi di sensibilità, allo scopo di indagare le principali assunzioni dello studio (in merito, ad esempio, agli scenari considerati per la modellizzazione della fase d'uso e del fine vita).

## 1.2 Committente

SCF International S.r.l. ha redatto il presente studio LCA comparativo per conto di Latteria Montello S.p.A., azienda italiana a conduzione familiare operante nel settore lattiero-caseario con sede Via Fante D'Italia, 26, 31040 Giavera del Montello TV.

Latteria Montello è un'azienda all'avanguardia, leader nel segmento premium del mercato stracchini in Italia. Dispone di stabilimenti tecnologicamente avanzati ad elevata capacità produttiva, impiegando personale altamente qualificato e processi di qualità certificata. Nel corso degli anni l'azienda ha attivato un'efficace rete di distribuzione che ha portato i prodotti Nonno Nanni ad una presenza capillare e puntuale nel territorio.

## 1.3 Tempi sviluppo del rapporto

Il rapporto è stato sviluppato tra dicembre 2022 e gennaio 2023.

## 1.4 Riferimenti normativi

Le norme di riferimento per la conduzione dello studio, nonché la comunicazione dei risultati emersi dalla valutazione LCA, sono le:

- UNI EN ISO 14040:2021, Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- UNI EN ISO 14044:2021, Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.

## 2 Obiettivo dello studio

L'obiettivo è di effettuare uno studio LCA comparativo per supportare la comunicazione del Piano di sostenibilità di Latterie Montello e più nello specifico per partecipare a concorsi su packaging sostenibili.

### 2.1 Motivazioni dello studio

Lo studio LCA intende calcolare il potenziale impatto ambientale del ciclo di vita di due tipologie di packaging per il confezionamento della famiglia di prodotti caseari denominata *stracchino*. Fanno parte della famiglia una serie di prodotti quali: 100 g, 125 g, 200 g e 250 g di prodotto; lo studio LCA è riferito al prodotto più venduto, cioè la confezione da 250 g.

Lo studio è ad uso interno all'organizzazione e sarà sottoposto a revisione esperta ai sensi del § 6 della norma ISO 14044.

I risultati dello studio sono utilizzati internamente all'organizzazione committente (vedi anche § 7) al fine di:

- identificare delle opportunità di miglioramento, dal punto di vista ambientale, dei prodotti esistenti;
- supportare le decisioni di pianificazione strategica, progettazione o riprogettazione dei prodotti o dei processi;

In prospettiva il Committente sta valutando di utilizzare il presente studio anche nella redazione di documentazione utile a partecipare ad alcuni Contest con conseguenze positive in termini di immagine, quote di mercato, relazioni con le istituzioni, ecc.

### 2.2 Applicazioni previste e destinatari dello studio

Lo studio LCA sarà utilizzato dal Committente per elaborare degli strumenti di comunicazione da fornire ai propri clienti (effettivi e potenziali) con indicate le prestazioni ambientali dei prodotti analizzati.

Lo studio NON è finalizzato ad essere usato per sostenere asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico e quindi non è stata condotta una specifica revisione esperta (vedi anche § 7).



### 3 Campo di applicazione dello studio

#### 3.1 La funzione del prodotto analizzato

La confezione analizzata è composta da una vaschetta in polimero termoplastico rigido con la funzione di contenimento del prodotto fresco, e di un flow pack in termoplastico flessibile con la funzione di protezione e barriera verso l'ambiente esterno.

Le 2 tipologie di packaging analizzate e comparate sono:

- PACK BASE: vaschetta termoformata in PET vergine e flow pack (astuccio) formato da un accoppiato PE/Nylon;
- PACK SOSTENIBILE: vaschetta termoformata in PET con contenuto di rPET variabile dal 50 al 85%, flow pack in monomateriale PP.

Di seguito la tabella 1 con le caratteristiche tecniche dei due prodotti comparati.

TABELLA 1: DESCRIZIONE DEI PRODOTTI ANALIZZATI

	Unità di misura	PACK BASE	PACK SOSTENIBILE
<b>Vaschetta</b>			
<b>Dimensioni</b>	mm	115x64x43	115x64x43
<b>Peso</b>	g	4,8-5	4,8-5
<b>Materiale</b>		PET vergine Processo di estrusione e termoformatura	PET vergine: 50-15% PET riciclato: 50-85% Processo di estrusione e termoformatura
<b>Potere calorifico inferiore</b>	MJ/kg	22,95	22,95
<b>Flow pack</b>			
<b>Dimensioni</b>	m <sup>2</sup>	0,052	0,052
<b>grammatura</b>	g/m <sup>2</sup>	Da 56,1 a 65,9	Da 56,1 a 65,9
<b>Peso</b>	g	3,17	3,17
<b>Materiale</b>		Film accoppiato 70%PE-30%Nylon Processo estrusione e accoppiamento	Film monomateriale PP Processo estrusione e accoppiamento
<b>Potere calorifico inferiore</b>	MJ/kg	PE: 42,47 PA: 32,78	PP: 32,78

La vaschetta del pack sostenibile è stata analizzata nelle due versioni: la prima contenente la quantità minima di PET riciclato (50%) e la seconda contenente la quantità massima (85%).

### 3.2 Unità funzionale

In coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione, l'unità funzionale scelta per i prodotti analizzati è:

#### 1 packaging nel formato da 250g, composto da vaschetta e flow pack

### 3.3 Confini del sistema

I confini del sistema descrivono le fasi incluse nel ciclo di vita analizzato, che nel presente studio, è definito dalla culla al cancello, ed il fine vita; dallo studio non sono state escluse le fasi di distribuzione (praticamente coincidente per i due prodotti comparati) e di uso (ininfluente).

I confini del sistema sono descritti in Figura 1.

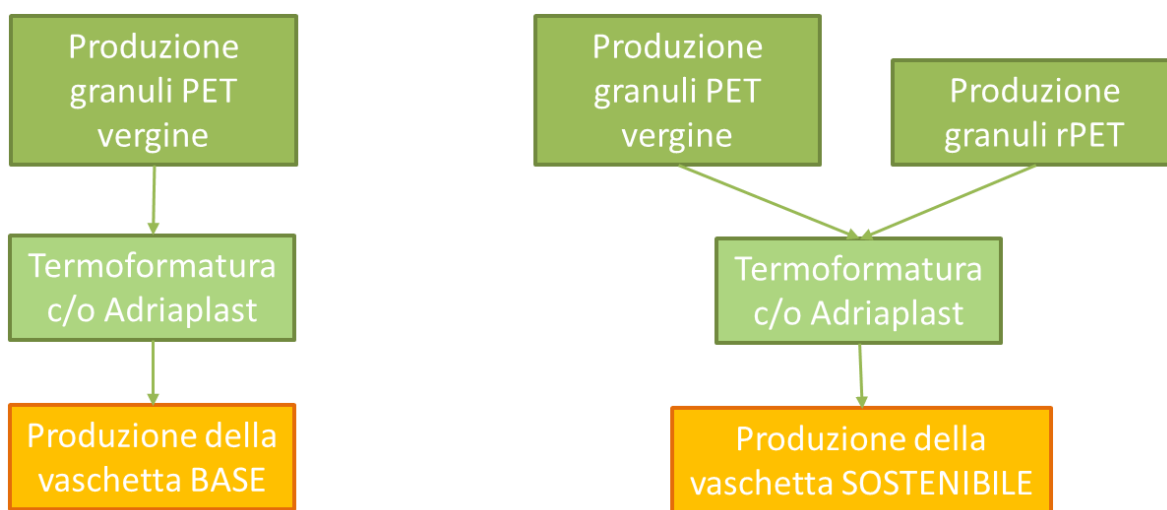


FIGURA 1: CONFINI DEL SISTEMA DELLA VASCHETTA

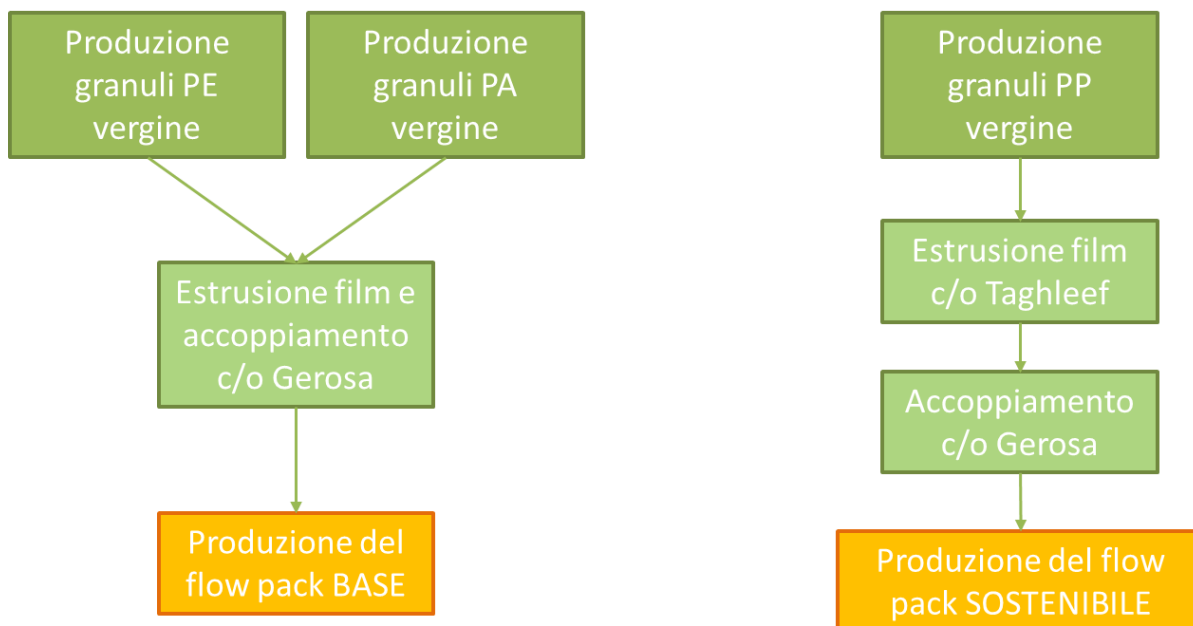


FIGURA 2: CONFINI DEL SISTEMA DEL FLOW PACK

Essendo il peso della vaschetta e del flow pack lo stesso, non sono stati considerati i trasporti dai fornitori Gerosa e Aliplast a Latteria Montello (perché uguali per entrambe le soluzioni a confronto), mentre sono stati inclusi i trasporti da Taghleef a Gerosa.

### 3.4 Criteri di esclusione

Come riportato nel precedente paragrafo § 3.3 sono stati escluse dall'analisi le fasi del ciclo di vita corrispondenti al downstream, ovvero distribuzione e uso e comunque non in linea con gli obiettivi dello studio LCA (vedi § 2).

Di seguito l'elenco dei processi esclusi dal sistema analizzato:

- le infrastrutture e la costruzione dei macchinari;
- i viaggi dei lavoratori da e per lo stabilimento di produzione;
- i viaggi di lavoro;
- le attività di ricerca e sviluppo;
- gli imballaggi delle materie prime e degli ausiliari;
- gli inchiostri di etichette ed imballaggi finali.

## 4 Analisi dell'inventario del ciclo di vita

Dopo la fase di definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio LCA, la fase successiva consiste nell'analisi dell'inventario che comprende *“la compilazione e la quantificazione degli elementi in entrata e in uscita, per un prodotto nel corso del suo ciclo di vita”* (ISO 14040). In altre parole, l'analisi d'inventario comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare gli elementi in ingresso e in uscita pertinenti di un sistema di prodotto.

Nei paragrafi successivi sono descritti nel dettaglio i dati raccolti ed utilizzati nel presente studio, oltre alla fonte dei dati, le eventuali allocazioni ed assunzioni effettuate.

### 4.1 Procedimenti di raccolta dei dati

Latteria Montello ha fornito le schede tecniche della vaschetta e del flow pack, sia della versione base sia di quella sostenibile, dalle quali sono state reperite tutte le informazioni relative al peso e alla tipologia di materiale.

Sono stati raccolti dati primari dal produttore di film poliaccoppiato in polipropilene, che ha fornito i risultati del proprio studio LCA, mentre per il film poliaccoppiato multimateriale sono stati utilizzati processi da database, come indicato nel paragrafo seguente.

I dati utilizzati nel modello sono descritti dettagliatamente nel paragrafo seguente. Il modello è stato sviluppato con il software SimaPro 9.4.0.2 con il supporto del database Ecoinvent 3.8.

### 4.2 Descrizione qualitativa e quantitativa di processi unitari

Di seguito vengono descritti i dati e i processi utilizzati per l'analisi del ciclo di vita del prodotto, oltre alle assunzioni fatte.

#### 4.2.1 Processi di produzione della vaschetta

La produzione della vaschetta è stata modellizzata partendo dalla produzione dei granuli di PET nel caso del pack base e di r-PET per il pack sostenibile. In entrambi i casi è stato utilizzato un processo di Ecoinvent, rispettivamente Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}| market for | Cut-off, U e Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled {Europe without Switzerland}| market for polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled | Cut-off, U (quest'ultimo include anche i consumi energetici per il recupero del PET e per la produzione del granulato di r-PET).

La produzione della vaschetta prevede due processi di lavorazione, un'estrusione e una termoformatura; anche in questo caso i processi utilizzati derivano dalla banca dati Ecoinvent Extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline {IT}| processing | Cut-off, U; essendo il produttore della vaschetta un fornitore italiano, il processo è stato modificato per tenere conto del mix energetico specifico dell'Italia. È stata inoltre considerata la resa del processo.

Come sopra riportato, la vaschetta del pack base è costituita per il 100% da PET vergine, mentre quella del pack sostenibile contiene una quota di materiale riciclato (r-PET) che varia da un minimo del 50% ad un massimo dell'85%.

#### 4.2.2 Processi di produzione del flow pack

Anche per il flow pack, il modello è stato costruito considerando sia la produzione dei granuli sia il processo di produzione del film. Il peso del flow pack è stato calcolato da misura diretta.

Per quanto riguarda il pack base, il flow pack è costituito da un film accoppiato di polietilene e poliammide, entrambi vergini. Non essendo note le % dei due diversi materiali, è stata fatta un'assunzione considerando il 30% di poliammide e il 70% di polietilene. I processi di Ecoinvent utilizzati per la produzione dei granuli di polietilene sono Polyethylene, low density, granulate {GLO}| market for | Cut-off, U, mentre per i granuli di poliammide sono stati modellizzati con il 50% di Nylon 6 {RER}| market for nylon 6 | Cut-off, U e il 50% di Nylon 6-6 {RER}| market for nylon 6-6 | Cut-off, U.

I processi necessari per la produzione del flow pack sono l'estrusione e l'accoppiamento, derivanti dal database Ecoinvent (Extrusion, plastic film {IT}| extrusion, plastic film | Cut-off, U e Extrusion, co-extrusion {IT}| of plastic sheets | Cut-off, U; anche in questo caso i processi sono stati modificati con il mix italiano, in quanto il produttore è localizzato in Italia e si è tenuto conto della resa del processo

Per quanto riguarda il flow pack sostenibile, l'azienda che produce il poliaccoppiato monomateriali di polipropilene ha fornito i dati del proprio studio LCA che sono stati direttamente caricati nel software, mentre per la fase di accoppiamento è stato utilizzato lo stesso processo descritto precedentemente, anche in questo caso modificato con il mix italiano e tenendo conto della resa di produzione.

#### 4.2.3 Processi di fine vita

Alla produzione del pack base e sostenibile è stata aggiunta la fase di fine vita dell'imballaggio.

Per quanto riguarda la vaschetta, sia per la versione base che per quella sostenibile, si sono considerate le percentuali di avvio a riciclo, incenerimento e discarica descritte nel rapporto ISPRA 2022 (dati 2021), relativi agli imballaggi in plastica. Tali percentuali sono del 55,6% per l'avvio a riciclo, del 40,7% per l'incenerimento e del 3,7% per la discarica; per ogni destinazione è stata inoltre considerata una distanza di trasporto allo stabilimento/impianto di trattamento pari a 50 km.

Per il flow pack, il film poliaccoppiato multimateriale del pack base è stato avviato totalmente a smaltimento, riproporzionando le % di smaltimento sopra riportate, mentre per il flow pack poliaccoppiato monomateriale è stata considerata la stessa percentuali dei fine vita della vaschetta.

Per il calcolo degli impatti associati al fine vita si è operato nella seguente maniera: per il packaging raccolto in maniera differenziata ed avviato a recupero si è considerato solo il trasporto dal luogo di produzione del rifiuto all'impianto di recupero, mentre il packaging non intercettato dalla raccolta differenziata sono stati utilizzati i processi di smaltimento della banca dati Ecoinvent.

### 4.3 Fonti della letteratura pubblicata

Le fonti di letteratura utilizzate per elaborare il presente studio sono elencate in bibliografia.

### 4.4 Procedure di calcolo

Le procedure di calcolo costantemente applicate per tutto lo studio hanno riguardato la definizione di un profilo input-output per ciascuna fase del ciclo produttivo con verifica dei flussi elementari associati alla fase tramite specifico foglio elettronico.

## 4.5 Validazione dei dati

La validazione dei dati primari forniti da Latteria Montello è stata effettuata confrontando i consumi complessivi dell'azienda e le diverse lavorazioni che vengono effettuate; per la verifica dei dati forniti sono stati inoltre consultati altri studi di LCA, le banche dati internazionali (in particolare Ecoinvent 3.8) e altri dati di letteratura. Inoltre per ciascuna fase del ciclo di vita si è confermato (dati da banca dati Ecoinvent) o verificato (dati primari) la corretta formulazione dei bilanci di massa, idrici ed energetici.

Tutti i dati utilizzati, primari, generici selezionati e altri generici, sono stati verificati e valutati in termini di qualità e rappresentatività geografica, temporale e tecnologica, come descritto nel paragrafo successivo.

### 4.5.1 Valutazione della qualità dei dati

In base all'analisi approfondita che è stata fatta sui dati utilizzati, si può affermare quanto di seguito riportato:

- ✓ Rappresentatività temporale: i dati raccolti da Latteria Montello, in maniera specifica per l'elaborazione del presente studio; per quanto riguarda i dati desunti da letteratura, tutti gli studi utilizzati sono i più recenti a disposizione e il database utilizzato (Ecoinvent 3.8) è l'ultimo aggiornamento. Nessun dato risale a più di 10 anni fa.
- ✓ Rappresentatività geografica: i processi utilizzati nel presente studio rispecchiano la geografia dei confini del sistema (es. il mix energetico utilizzato rispecchia, quando noto, il Paese di produzione, quando non noto l'area geografica di riferimento: Europa o Mondo); le scelte sono comunque in linea con il campo di applicazione dello studio.
- ✓ Rappresentatività tecnologica: nella scelta dei dati e nella modellizzazione delle diverse fasi del ciclo di vita si è tenuto conto che la tecnologia descritta nel database fosse rappresentativa del sistema analizzato.
- ✓ Precisione: i dati sono stati raccolti in maniera precisa e validati attraverso confronti e verifiche dei bilanci di massa e di energia; inoltre si riporta di seguito la stima dell'incertezza attraverso l'analisi di Montecarlo (riferita ai dati secondari del DB Ecoinvent in quanto sui dati primari l'incertezza si considera considerevolmente inferiore e quindi non comparabile).
- ✓ Riproducibilità: i processi utilizzati per la modellizzazione e i dati descritti nel presente rapporto permettono di riprodurre i risultati dello studio, utilizzando la stessa banca dati, gli stessi metodi e fattori di caratterizzazione.
- ✓ Fonti dei dati: il capitolo di analisi del ciclo di vita riporta in maniera chiara tutte le fonti utilizzate.

### 4.5.2 Trattamento dei dati mancanti

In caso di assenza di dati sono stati analizzati studi di letteratura e processi di database che potessero sopperire ai dati mancanti, in modo tale da non lasciar fuori dai confini del sistema processi che potessero essere rilevanti. Tutti i dati utilizzati e le assunzioni fatte sono stati descritti in questo capitolo.

## 4.6 Analisi di sensibilità per correggere i confini del sistema

Non è stato necessario modificare i confini del sistema, ma una delle analisi di sensibilità ha preso in considerazione anche i benefici. La descrizione delle analisi di sensibilità effettuate è riportata al paragrafo 6.1.

## 4.7 Principi e procedimenti di allocazione

Non sono stati applicati criteri di allocazione, a meno di quelli già presenti nei processi di Ecoinvent utilizzati.

## 5 Valutazione dell'impatto del ciclo di vita

Come definito dalla norma ISO 14040 *“la fase di valutazione dell'impatto dell'LCA ha lo scopo di valutare la portata di potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati dell'LCI. In generale questo processo comporta l'associare i dati d'inventario a specifiche categorie di impatti ambientali e indicatori di categoria e l'approfondire la comprensione di questi impatti”*.

Di seguito, oltre alla descrizione delle categorie di impatto selezionate, sono riportati i risultati relativi ai due diversi tipi di imballaggio analizzati. I risultati dell'LCA sono espressioni relative e non prevedono impatti sulle finalità di categoria, superamenti delle soglie, margini di sicurezza o rischi.

### 5.1 Modelli, categorie di impatto e indicatori considerati

Per la qualificazione e quantificazione della Carbon Footprint dei prodotti oggetto di analisi è stato utilizzato il metodo descritto nella tabella seguente.

TABELLA 2: DESCRIZIONE DEGLI ALTRI INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE ANALIZZATI

Categoria di impatto	Indicatore	Modello	Descrizione
<b>Cambiamenti climatici (effetto serra)</b>	kg CO <sub>2</sub> eq	IPCC 2021: GWP 100, potenziali di riscaldamento climatico in 100 anni	Capacità di un gas ad effetto serra di influenzare i cambiamenti della temperatura media globale dell'aria a livello del suolo e alle successive variazioni di diversi parametri climatici e dei loro effetti (espresso in unità di CO <sub>2</sub> -equivalenti e in uno specifico arco temporale di 100 anni)
<b>Formazione di ozono fotochimico (POCP)</b>	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS	Formazione di ozono al livello del suolo della troposfera causata da ossidazione fotochimica di composti volatili (VOC) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) e luce solare. Alte concentrazioni di ozono troposferico a livello del suolo sono dannose per la vegetazione, le vie respiratorie dell'uomo e i materiali artificiali attraverso la reazione con materiali organici.
<b>Riduzione dello strato di ozono (ODP)</b>	kg CFC-11 eq	EDIP (potenziali di riduzione dello strato di ozono dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale)	Degradazione dell'ozono stratosferico dovuta alle emissioni di sostanze lesive dell'ozono, quali gas contenenti cloro e bromo di lunga durata (per esempio CFC, HCFC, halon).
<b>Impoverimento delle risorse – vettori energetici</b>	MJ	Modello CML 2002	Impoverimento delle risorse abiotiche (combustibili fossili) espresse in MJ in riferimento alla loro caratteristica di “vettori di energia” (“energy carriers”)
<b>Impoverimento delle risorse idriche</b>	m <sup>3</sup> eq	A.WA.RE. (Available Water Remaining) raccomandato dall'UNEO (2016)	Indicatore dell'uso dell'acqua, che valuta il potenziale di privazione dell'acqua, sia per gli esseri umani che per gli ecosistemi. L'acqua che resta disponibile per area si riferisce al



			quantitativo di acqua che resta dopo che il consumo da parte dell'uomo e la domanda ambientale di acqua sono state sottratte alla disponibilità naturale del bacino.
<b>Quantità di materia prima vergine</b>	kg	Elaborazione dall'inventario	Calcola la quantità di materia prima vergine utilizzata per la produzione del packaging
<b>EoL imballaggio a smaltimento</b>	kg	Elaborazione dall'inventario	Calcola la quantità di imballaggio che a fine vita viene avviato a smaltimento

## 5.2 I risultati dello studio

Di seguito sono riportati i risultati dello studio LCA per i tre indicatori analizzati del packaging base e del packaging sostenibile, quest'ultimo considerando le due diverse composizioni della vaschetta (la prima composta dal 50% di PET vergine e 50% r-PET e la seconda dal 15% di PET vergine e 85% di r-PET).

Nell'esposizione dei risultati si sono evidenziate i diversi contributi all'impatto (incidenza) degli interventi realizzati per il miglioramento del packaging relativo alla vaschetta ed al flow pack.

TABELLA 3: RISULTATI DEL PACKAGING BASE

Categoria di impatto	U.M	TOTALE	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	<b>4,99E-02</b>	1,85E-02	1,67E-02	6,02E-03	8,74E-03
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	<b>1,09E-04</b>	5,31E-05	5,34E-05	1,11E-06	1,46E-06
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	<b>7,99E-08</b>	7,95E-08	4,42E-10	1,38E-11	1,19E-11
Water scarcity	m <sup>3</sup> eq	<b>2,31E-02</b>	9,56E-03	1,35E-02	7,54E-06	1,11E-05
Resource use, fossils	MJ	<b>7,32E-01</b>	4,03E-01	3,28E-01	7,87E-04	6,56E-04
Quantità materia prima vergine	kg	<b>8,56E-03</b>	5,21E-03	3,35E-03	0,00E+00	0,00E+00
EoL imballaggio a smaltimento	kg	<b>5,35E-03</b>			2,18E-03	3,17E-03

TABELLA 4: INCIDENZA PER FASE DEL PACKAGING BASE

Categoria di impatto	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	36,99%	33,41%	12,07%	17,52%
Photochemical ozone formation	48,68%	48,97%	1,02%	1,33%
Ozone depletion	99,41%	0,55%	0,02%	0,01%
Water scarcity	41,40%	58,52%	0,03%	0,05%
Resource use, fossils	55,05%	44,75%	0,11%	0,09%
Quantità materia prima vergine	60,86%	39,14%	0,00%	0,00%
EoL imballaggio a smaltimento			40,69%	59,31%

TABELLA 5: RISULTATI DEL PACKAGING SOSTENIBILE (VARIANTE CON VASCHETTA 50% R-PET)

Categoria di impatto	U.M	TOTALE	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	<b>3,38E-02</b>	1,34E-02	1,05E-02	6,02E-03	3,90E-03
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	<b>8,03E-05</b>	3,60E-05	4,25E-05	1,11E-06	7,17E-07
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	<b>4,20E-08</b>	4,02E-08	1,77E-09	1,38E-11	8,93E-12
Water scarcity	m <sup>3</sup> eq	<b>1,01E-02</b>	6,18E-03	3,89E-03	7,54E-06	4,88E-06
Resource use, fossils	MJ	<b>5,53E-01</b>	2,60E-01	2,92E-01	7,87E-04	5,09E-04
Quantità materia prima vergine	kg	<b>7,26E-03</b>	3,91E-03	3,35E-03	0,00E+00	0,00E+00
EoL imballaggio a smaltimento	kg	<b>3,58E-03</b>			2,18E-03	1,41E-03

TABELLA 6: INCIDENZA PER FASE DEL PACKAGING SOSTENIBILE (VARIANTE CON VASCHETTA 50% R-PET)

Categoria di impatto	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	39,63%	31,00%	17,83%	11,54%
Photochemical ozone formation	44,79%	52,94%	1,38%	0,89%
Ozone depletion	95,73%	4,21%	0,03%	0,02%
Water scarcity	61,31%	38,57%	0,07%	0,05%
Resource use, fossils	46,98%	52,79%	0,14%	0,09%
Quantità materia prima vergine	53,84%	46,16%	0,00%	0,00%
EoL imballaggio a smaltimento			60,72%	39,28%

TABELLA 7: RISULTATI DEL PACKAGING SOSTENIBILE (VARIANTE CON VASCHETTA 85% R-PET)

Categoria di impatto	U.M	TOTALE	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	<b>3,02E-02</b>	9,84E-03	1,05E-02	6,02E-03	3,90E-03
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	<b>6,83E-05</b>	2,40E-05	4,25E-05	1,11E-06	7,17E-07
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	<b>1,45E-08</b>	1,27E-08	1,77E-09	1,38E-11	8,93E-12
Water scarcity	m <sup>3</sup> eq	<b>7,71E-03</b>	3,81E-03	3,89E-03	7,54E-06	4,88E-06
Resource use, fossils	MJ	<b>4,53E-01</b>	1,60E-01	2,92E-01	7,87E-04	5,09E-04
Quantità materia prima vergine	kg	<b>4,80E-03</b>	1,45E-03	3,35E-03	0,00E+00	0,00E+00
EoL imballaggio a smaltimento	kg	<b>3,58E-03</b>			2,18E-03	1,41E-03

TABELLA 8: INCIDENZA PER FASE DEL PACKAGING SOSTENIBILE (VARIANTE CON VASCHETTA 85% R-PET)

Categoria di impatto	Produzione vaschetta	Produzione flow pack	EoL vaschetta	EoL flow pack
Climate change	32,54%	34,64%	19,93%	12,89%
Photochemical ozone formation	35,10%	62,23%	1,62%	1,05%
Ozone depletion	87,67%	12,18%	0,10%	0,06%
Water scarcity	49,43%	50,41%	0,10%	0,06%
Resource use, fossils	35,26%	64,46%	0,17%	0,11%
Quantità materia prima vergine	30,15%	69,85%	0,00%	0,00%
EoL imballaggio a smaltimento			60,72%	39,28%

### 5.3 Le limitazioni dei risultati dell'Life Cycle Inventory Assessment (LCIA)

Non sussistono limitazioni in relazione all'obiettivo e al campo di applicazione definiti dell'LCA.

### 5.4 Risultati dell'LCIA rispetto all'obiettivo e al campo di applicazione

I risultati dell'LCIA sono in linea con l'obiettivo ed il campo di applicazione definiti dell'LCA.

### 5.5 Risultati dell'LCIA rispetto ai risultati dell'Life Cycle Inventory (LCI)

I risultati dell'LCIA sono in linea con i risultati dell'LCI.

## 6 Interpretazione del ciclo di vita

L'ultima fase dell'LCA consiste nell'interpretazione che, attraverso l'analisi dei risultati e dei contributi, permette di evidenziare le criticità ambientali del prodotto analizzato, trarre le conclusioni, spiegare le limitazioni e fornire raccomandazioni.

Si riportano nelle figure successive i diagrammi a rete degli imballaggi base e sostenibile (quest'ultimo nelle due versioni con rPET minimo 50% e massimo 85%), analizzati nel presente studio e relative all'indicatore dei cambiamenti climatici, che viene utilizzato come indicatore d'impatto guida per l'interpretazione dei risultati.

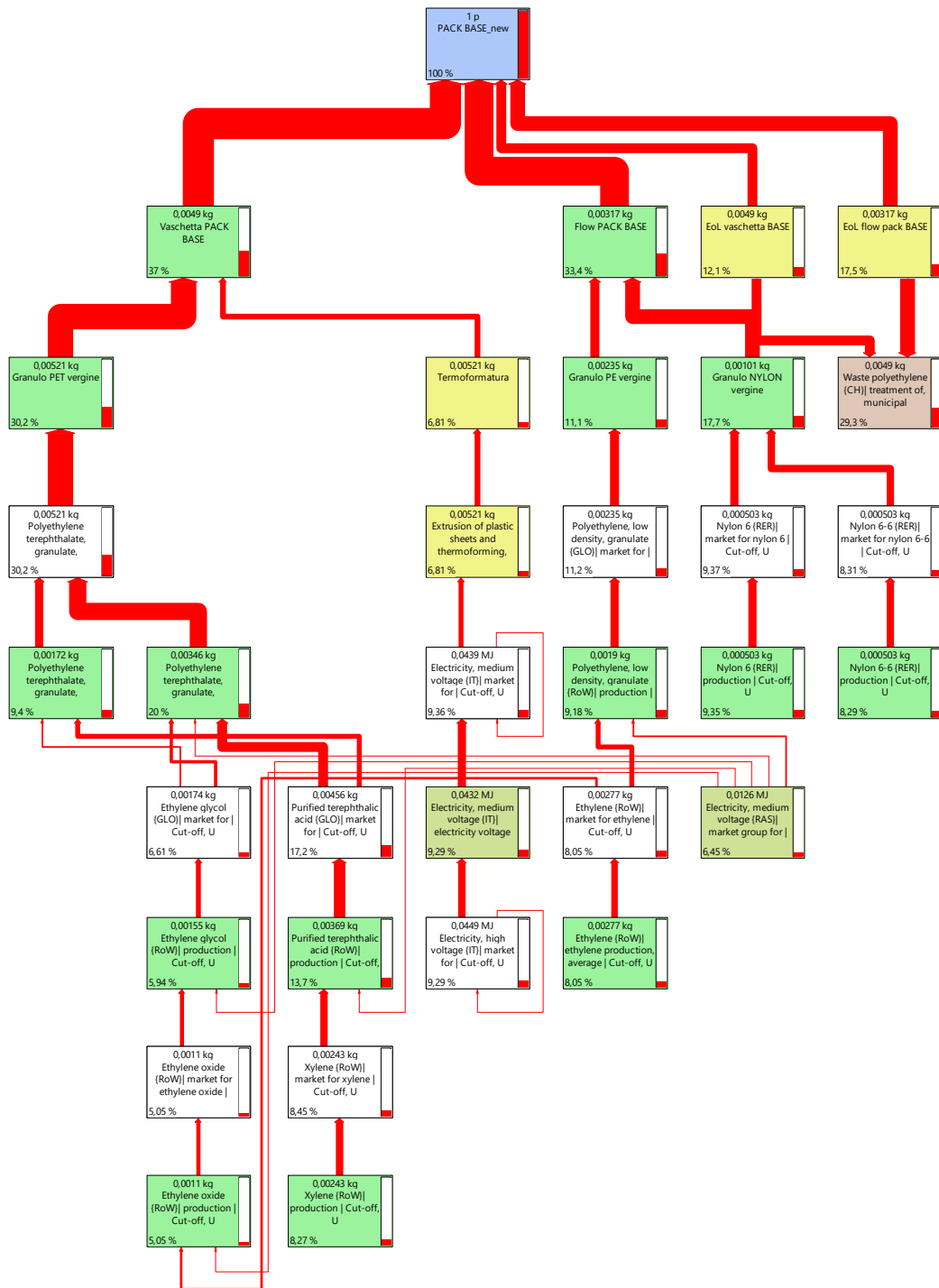


FIGURA 3: DIAGRAMMA A RETE DELL'INDICATORE RELATIVO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEL PACK BASE

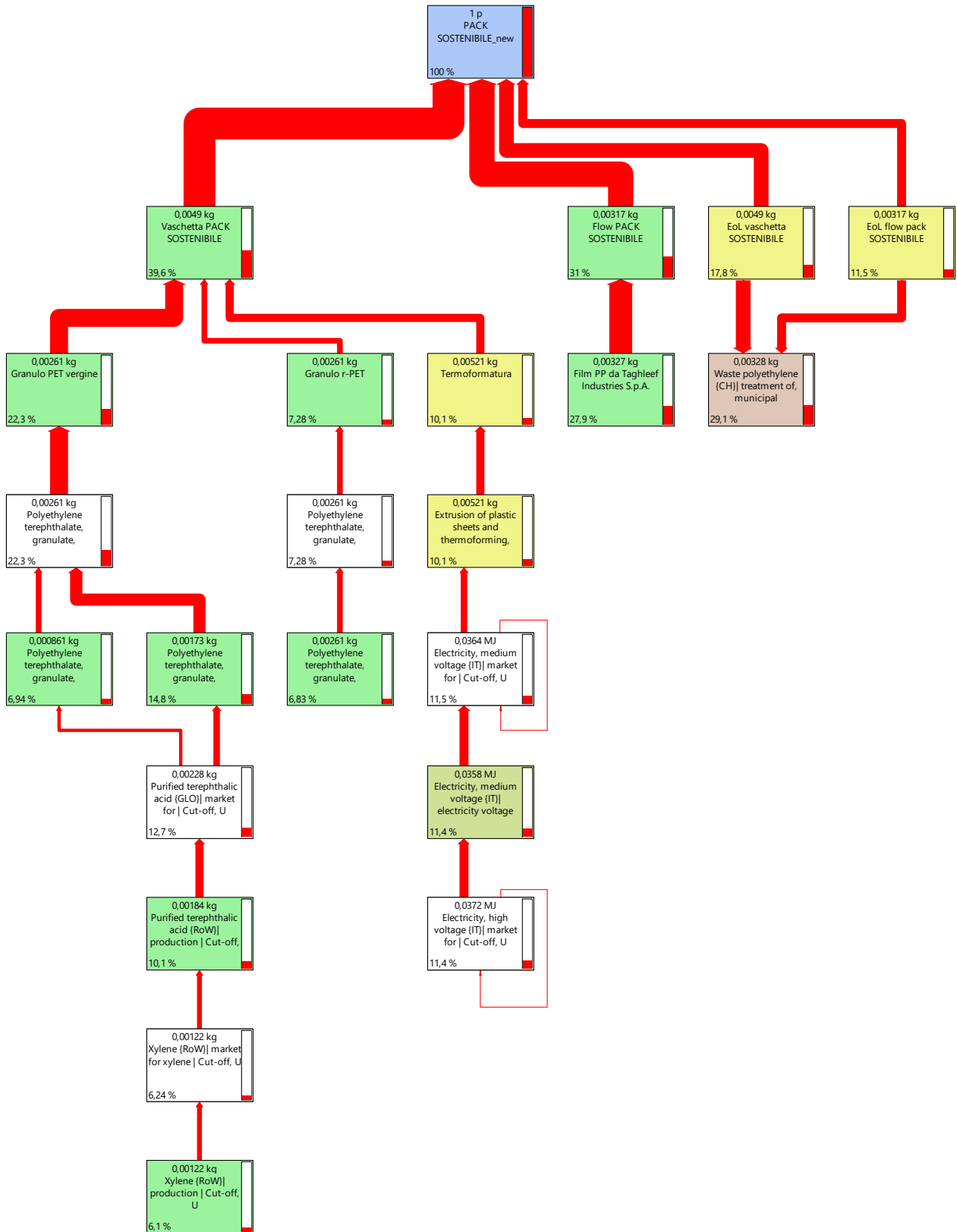


FIGURA 4: DIAGRAMMA A RETE DELL'INDICATORE RELATIVO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEL PACK SOSTENIBILE (VERSIONE CON VASCHETTA 50% R-PET)



FIGURA 5: DIAGRAMMA A RETE DELL'INDICATORE RELATIVO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEL PACK SOSTENIBILE (VERSIONE CON VASCHETTA 85% R-PET)

I diagrammi a rete ci offrono la possibilità di analizzare il contributo di ciascuna fase del ciclo di vita dei prodotti oggetto del presente studio, confermando che la fase di produzione delle materie prime risulta essere quella maggiormente impattante. Il contributo all’impatto della vaschetta (ca 50%) è pressoché uguale a quello del flow pack per il prodotto base, e del 58% per la variante con il 50% di r-PET e del 52% per la variante con l’85% di r-PET.

Nelle tabelle/diagrammi seguenti sono riportati i 3 indicatori d’impatto, con la suddivisione dell’incidenza per produzione e fine vita (EoL) sia di vaschetta che di flow pack.

TABELLA 9: CONFRONTO CARBON FOOTPRINT DEL PACKAGING

	U.M	pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
<b>Vaschetta</b>	g CO <sub>2</sub> eq	18,46	13,39	9,84
<b>Flow pack</b>	g CO <sub>2</sub> eq	16,67	10,47	10,47
<b>EoL vaschetta</b>	g CO <sub>2</sub> eq	6,02	6,02	6,02
<b>EoL flow pack</b>	g CO <sub>2</sub> eq	8,74	3,90	3,90
<b>TOTALE</b>	g CO <sub>2</sub> eq	<b>49,90</b>	<b>33,78</b>	<b>30,23</b>
<b>Variazione rispetto alla versione base</b>			<b>-32%</b>	<b>-39%</b>

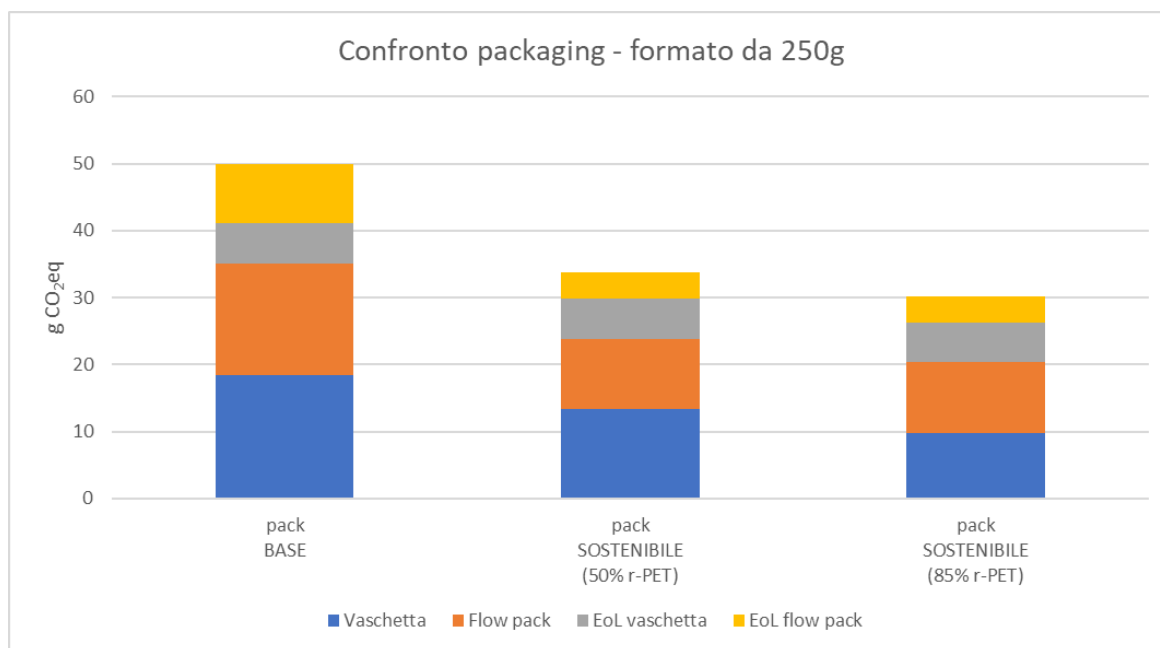


FIGURA 6: CONFRONTO DEI RISULTATI CARBON FOOTPRINT

Per quanto riguarda l’indicatore relativo ai **cambiamenti climatici**, l’impatto del pack sostenibile nella versione con la vaschetta costituita dal 50% di rPET è **più basso del 32%** rispetto alla versione base, mentre per il pack sostenibile con vaschetta costituita dall’85% di rPET, la **riduzione dell’impatto è del 39%**.

Nel dettaglio, l’impatto relativo alla produzione della vaschetta diminuisce rispettivamente del 27% e del 47% per le due versioni del pack sostenibile rispetto al pack base, mentre la riduzione dell’impatto del flow pack è del 37%. Nelle due versioni del pack sostenibile, il fine vita della vaschetta rimane costante rispetto al pack base, mentre l’impatto del fine vita del flow pack diminuisce del 55%.

**Complessivamente** l’impatto della **vaschetta** (produzione e fine vita) del pack sostenibile si riduce tra il **21%** e il **35%**, mentre il **flow pack** (produzione e fine vita) del **43%**.

L’intervento di miglioramento sulla **vaschetta rispetto al flow pack** è del **31%** per l’imballaggio sostenibile con r-PET al 50% e del **44%** quando la percentuale di r-PET aumenta all’85%.

TABELLA 10: CONFRONTO FORMAZIONE DI OZONO FOTOCHIMICO DEL PACKAGING

	U.M	pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
Vaschetta	g NMVOC eq	0,053	0,036	0,024
Flow pack	g NMVOC eq	0,053	0,043	0,043
EoL vaschetta	g NMVOC eq	0,001	0,001	0,001
EoL flow pack	g NMVOC eq	0,001	0,001	0,001
<b>TOTALE</b>	<b>g NMVOC eq</b>	<b>0,109</b>	<b>0,080</b>	<b>0,068</b>
Variazione rispetto alla versione base			-26%	-37%

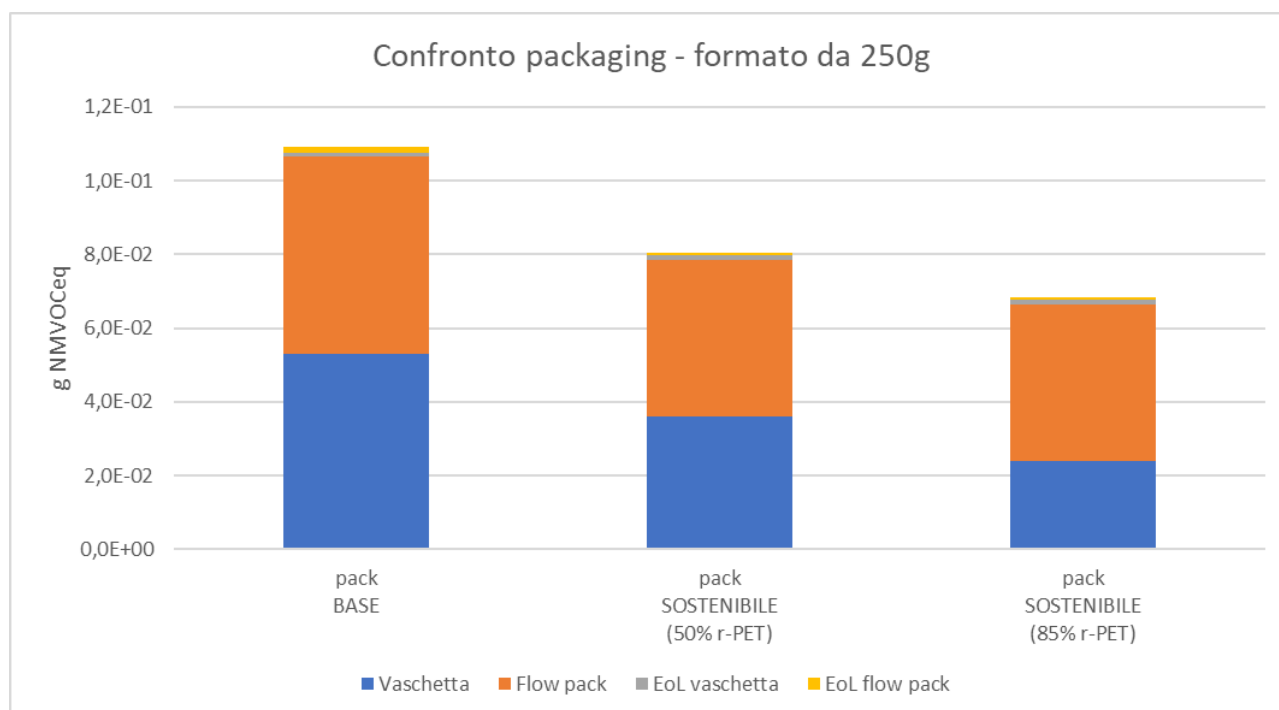


FIGURA 7: CONFRONTO DEI RISULTATI FORMAZIONE OZONO FOTOCHIMICO

Per quanto riguarda l'indicatore relativo alla formazione di ozono fotochimico, l'impatto del pack sostenibile nella versione con la vaschetta costituita dal 50% di rPET è più basso del 26% rispetto alla versione base, mentre per il pack sostenibile con vaschetta costituita dall'85% di rPET, la riduzione dell'impatto è del 37%.

Nel dettaglio, l'impatto relativo alla produzione della vaschetta diminuisce rispettivamente del 32% e del 55% per le due versioni del pack sostenibile rispetto al pack base, mentre la riduzione della produzione del flow pack è del 20%. Nelle due versioni del pack sostenibile, il fine vita della vaschetta rimane costante rispetto al pack base, mentre l'impatto del fine vita del flow pack diminuisce del 51%.

Complessivamente l'impatto della vaschetta (produzione e fine vita) del pack sostenibile si riduce tra il 32% e il 54%, mentre il flow pack (produzione e fine vita) del 21%

L'intervento di miglioramento sulla vaschetta rispetto al flow pack è del 59% per l'imballaggio sostenibile con r-PET al 50% e del 71% quando la percentuale di r-PET aumenta all'85%.



TABELLA 11: CONFRONTO RIDUZIONE DELLO STRATO DI OZONO DEL PACKAGING

	U.M	pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
<b>Vaschetta</b>	g CFC-11 eq	7,95E-05	4,02E-05	1,27E-05
<b>Flow pack</b>	g CFC-11 eq	4,42E-07	1,77E-06	1,77E-06
<b>EoL vaschetta</b>	g CFC-11 eq	1,38E-08	1,38E-08	1,38E-08
<b>EoL flow pack</b>	g CFC-11 eq	1,19E-08	8,93E-09	8,93E-09
<b>TOTALE</b>	g CFC-11 eq	<b>7,99E-05</b>	<b>4,20E-05</b>	<b>1,45E-05</b>
	<b>Variazione rispetto alla versione base</b>		<b>-47%</b>	<b>-82%</b>

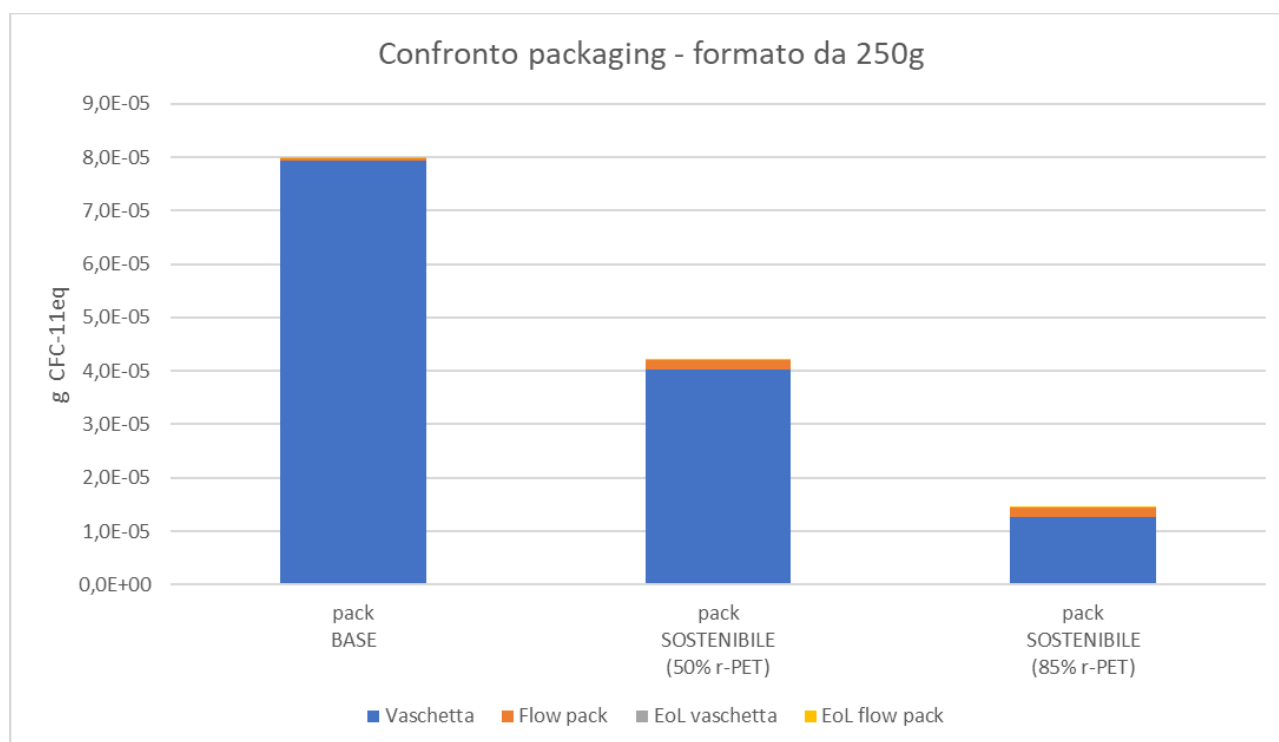


FIGURA 8: CONFRONTO DEI RISULTATI RIDUZIONE DELLO STRATO DI OZONO

Per quanto riguarda l'indicatore relativo alla riduzione dello strato di ozono, l'impatto del pack sostenibile nella versione con la vaschetta costituita dal 50% di rPET è più basso del 47% rispetto alla versione base, mentre per il pack sostenibile con vaschetta costituita dall'85% di rPET, la riduzione dell'impatto è dell'82%.

Nel dettaglio, l'impatto relativo alla produzione della vaschetta diminuisce rispettivamente del 49% e dell'84% per le due versioni del pack sostenibile rispetto al pack base, mentre per il flow pack si registra un aumento di tre volte. Nelle due versioni del pack sostenibile, il fine vita della vaschetta rimane costante rispetto al pack base, mentre l'impatto del fine vita del flow pack diminuisce del 25%.

Complessivamente l'impatto della vaschetta (produzione e fine vita) del pack sostenibile si riduce tra il 49% e l'84%, mentre il flow pack (produzione e fine vita) aumenta di quasi tre volte.

La riduzione dell'impatto è completamente derivante dalla vaschetta.

Per tutti gli indicatori utilizzati il beneficio ambientale ricavato dall'utilizzo di materiale riciclato (vaschetta) e di materiale monomateriale (flow pack) è consistente, sia nella versione con rPET al 50% che al 85%.

I consumi di risorsa ed il mancato avvio a smaltimento del packaging sono stati invece riportati nella seguente tabella riepilogativa.

TABELLA 12: CONFRONTO DEI RISULTATI RELATIVI AL CONSUMO DI RISORSE E SMALTIMENTO A FINE VITA

		pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
<b>Water scarcity</b>	<b>m3 eq</b>	2,31E-02	1,01E-02	7,71E-03
	<i>Variazione rispetto al pack base</i>		-56%	-67%
<b>Resource use, fossils</b>	<b>MJ</b>	7,32E-01	5,53E-01	4,53E-01
	<i>Variazione rispetto al pack base</i>		-24%	-38%
<b>Quantità materia prima vergine</b>	<b>kg</b>	8,56E-03	7,26E-03	4,80E-03
	<i>Variazione rispetto al pack base</i>		-15%	-44%
<b>EoL imballaggio a smaltimento</b>	<b>kg</b>	5,35E-03	3,58E-03	3,58E-03
	<i>Variazione rispetto al pack base</i>		-33%	-33%

## 6.1 Analisi di sensibilità

Per valutare gli effetti delle scelte operate riguardo ai dati e alle metodologie sui risultati dello studio, sono state condotte delle analisi di sensibilità.

### 6.1.1 LCA comparativo considerando i benefici del fine vita

La prima analisi di sensibilità condotta ha preso in considerazione i benefici legati al fine vita dell'imballaggio, ovvero sono stati analizzati gli impatti positivi legati al recupero (di materia e di energia) dei materiali polimerici.

L'avvio del packaging a riciclo, infatti, produce un beneficio al sistema successivo in quanto permette di non produrre nuova materia prima, così come la fase di incenerimento porta alla produzione di energia elettrica, utilizzabile in un altro sistema.

Sono state quindi prese in considerazione le percentuali di imballaggio a fine vita che vengono avviate a riciclo, considerando anche una resa del processo del 90%: la quantità di materiale così calcolata è stata utilizzata per definire la quantità di polimeri (PET e PP) riciclati e quindi la quantità di materia prima vergine che si evita di produrre.

Per quanto riguarda il recupero di energia, in base alle percentuali di materiale avviato a incenerimento e considerando il potere calorifico dei diversi polimeri (PET, PE, PA e PP), oltre ad una resa del processo considerata pari al 60%, è stata calcolata l'energia elettrica prodotta in seguito alla combustione di tali materiali.

Di seguito vengono riportati i risultati del confronto suddiviso per fase e il relativo diagramma: si vede chiaramente che, anche considerando i benefici legati al recupero di materia ed energia, nonostante questi siano maggiori per il pack base, il pack sostenibile ha sempre l'impatto più basso sull'indicatore relativo ai cambiamenti climatici.

TABELLA 13: CONFRONTO CARBON FOOTPRINT DEL PACKAGING, INCLUSI I BENEFICI

	U.M	pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
<b>Vaschetta</b>	g CO <sub>2</sub> eq	18,46	13,39	9,84

<b>Flow pack</b>	g CO <sub>2</sub> eq	16,67	10,47	10,47
<b>EoL vaschetta</b>	g CO <sub>2</sub> eq	6,02	6,02	6,02
<b>EoL flow pack</b>	g CO <sub>2</sub> eq	8,74	3,90	3,90
<b>Benefici vaschetta</b>	g CO <sub>2</sub> eq	-9,39	-6,05	-3,71
<b>Benefici flow pack</b>	g CO <sub>2</sub> eq	-6,81	-5,40	-5,40
<b>TOTALE</b>	<b>g CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>33,70</b>	<b>22,33</b>	<b>21,12</b>
<b>Variazione rispetto alla versione base</b>			<b>-34%</b>	<b>-37%</b>

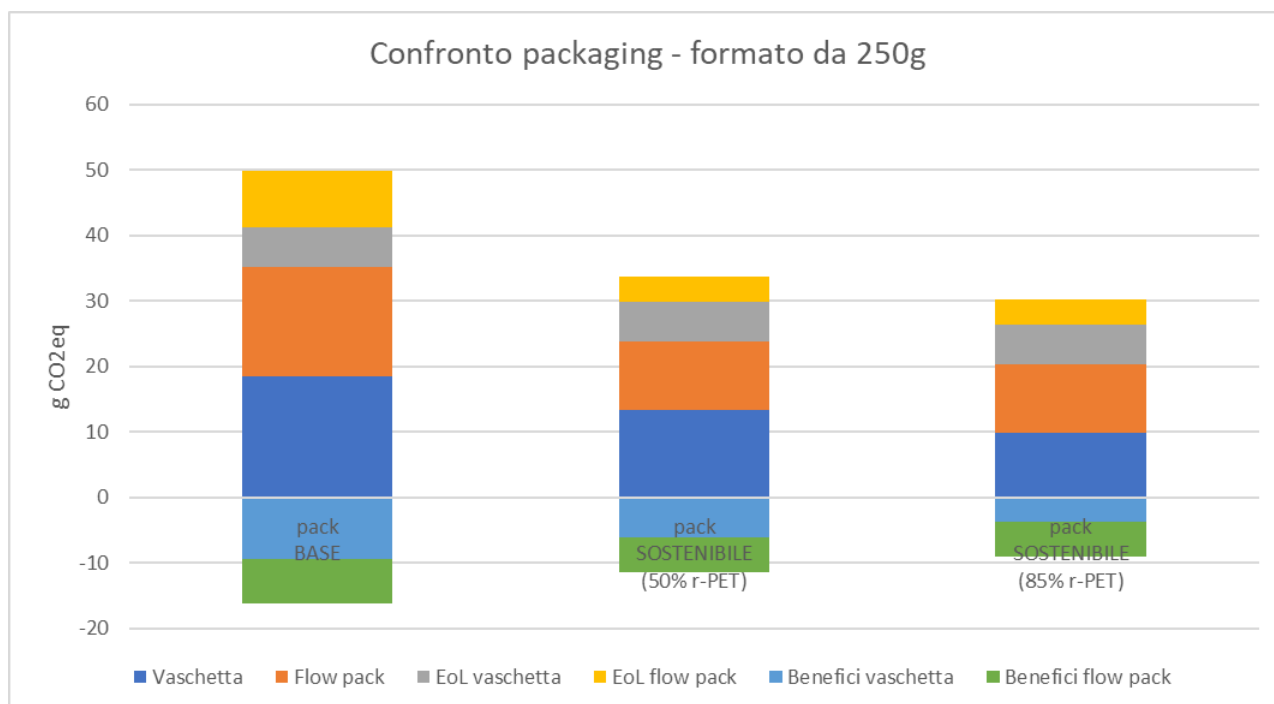


FIGURA 9: CONFRONTO DEI RISULTATI CARBON FOOTPRINT, INCLUSI I BENEFICI

### 6.1.2 LCA comparativo considerando una maggiore riciclabilità del flow pack in PP

La seconda analisi è stata prendendo in considerazione la maggior riciclabilità del film poliaccoppiato monomateriale rispetto al poliaccoppiato plurimateriale.

Non essendoci ad oggi studi che definiscono le *effettive* percentuali di riciclabilità del film poliaccoppiato monomateriale, ma sapendo che le nuove tecniche di riciclo sono indirizzate verso questa strada, si è ipotizzata una percentuale di riciclo del flow pack sostenibile pari al 70%, rispetto agli attuali 55,7% degli imballaggi in plastica.

Tale valore è stato ricavato tenendo conto degli obiettivi di riciclabilità dell'Unione Europea<sup>1</sup>, che prevede un recupero degli imballaggi in plastica del 50% al 2025 rispetto ad una percentuale europea che si attesta attualmente al 37,7%. Riproporzionando il valore obiettivo alla percentuale di riciclo italiana (55,7%) si ottiene una percentuale del 74%, ridotta cautelativamente al 70% per questa analisi.

I risultati riportati di seguito confermano la riduzione dell'impatto del packaging sostenibile che, rispetto al pack base, riduce gli impatti sui cambiamenti climatici dal 35 al 42%.

<sup>1</sup> Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste, aggiornata al 2018

TABELLA 14: CONFRONTO CARBON FOOTPRINT DEL PACKAGING, CONSIDERANDO UNA MAGGIORE RICICLABILITÀ

	U.M	pack BASE	pack SOSTENIBILE (50% r-PET)	pack SOSTENIBILE (85% r-PET)
Vaschetta	g CO <sub>2</sub> eq	18,46	13,39	9,84
Flow pack	g CO <sub>2</sub> eq	16,67	10,47	10,47
EoL vaschetta	g CO <sub>2</sub> eq	6,02	6,02	6,02
EoL flow pack	g CO <sub>2</sub> eq	8,74	2,64	2,64
<b>TOTALE</b>	<b>g CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>49,90</b>	<b>32,53</b>	<b>28,98</b>
Variazione rispetto alla versione base			-35%	-42%

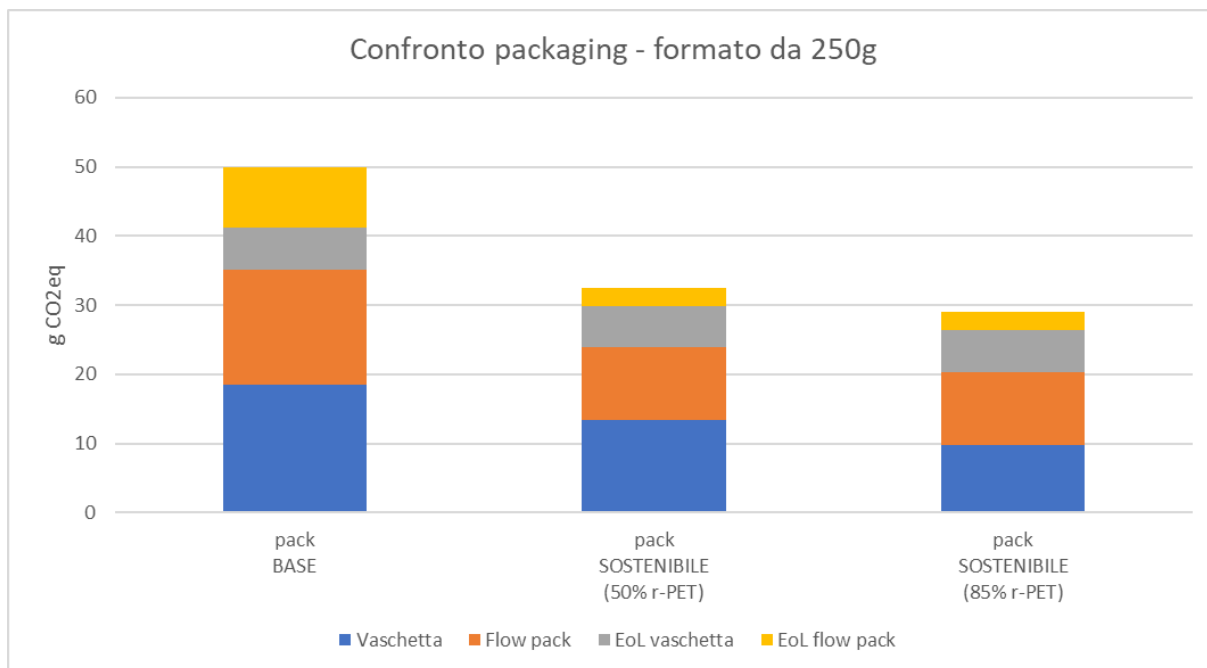


FIGURA 10: CONFRONTO DEI RISULTATI CARBON FOOTPRINT, CONSIDERANDO UNA MAGGIORE RICICLABILITÀ

## 6.2 Qualità dei dati

La valutazione della qualità dei dati e l'affidabilità del modello LCA implementato nel presente studio è stata eseguita attraverso controlli di completezza, sensibilità e coerenza. Tale analisi ha lo scopo di stabilire la misura in cui le scelte metodologiche influiscono sui risultati ed eventualmente la necessità di integrare i dati raccolti e revisionare le assunzioni fatte.

### 6.2.1 Controllo di completezza

Il controllo di completezza valuta in maniera qualitativa le informazioni e i dati utilizzati nelle diverse fasi dello studio LCA per garantirne la completezza rispetto agli obiettivi, all'ambito di applicazione, ai confini del sistema e ai criteri di qualità definiti. Tale verifica è utile per assicurare di aver preso in considerazione tutti gli aspetti principali del ciclo di vita ed analizzato tutti i dati disponibili.

Il controllo è stato fatto principalmente attraverso il confronto con l'azienda coinvolta nel progetto, il coinvolgimento di esperti in materia e l'analisi di studi specializzati disponibili.

Tutti i processi all'interno di ogni singola fase del ciclo di vita sono stati modellizzati in modo da rappresentare ogni situazione specifica. Sono stati verificati tutti i dati disponibili per ogni unità di processo; in alcuni casi si trattava di dati raccolti direttamente dalle imprese che hanno collaborato allo studio (dati specifici) e in altri, invece, di dati da letteratura e/o banche dati scelte. Di seguito la tabella utilizzata come guida per il controllo, che prevede una valutazione del bisogno di integrare i dati con informazioni esterne (vedi risultato nell'ultima colonna).

TABELLA 15: TABELLA DI CONTROLLO DI COMPLETEZZA

FASI	PROCESSI	DATI RACCOLTI IN CAMPO	DATI INTEGRATI CON INFORMAZIONI ESTERNE (letteratura/database)	DATO COMPLETO
<b>Produzione materie prime</b>	Quantità dei materiali	X	X	X
	Produzione dei materiali	X	X	X
	Consumi energetici per la produzione	-	X	X
<b>Produzione dell'imballaggio</b>	Quantità dei materiali	X	-	X
	Produzione dei materiali	-	X	X
<b>Fine vita dell'imballaggio (film e vaschetta)</b>	Quantità delle materie prime	X	-	X
	Consumi energetici	-	X	X
	Produzione di rifiuti	-	X	X
	Emissioni in aria	-	X	X

### 6.2.2 Controllo di sensibilità

Il controllo di sensibilità ha lo scopo di valutare se e in che modo alcune specifiche scelte metodologiche possono influire sui risultati dello studio e come variano i risultati qualora siano possibili scelte alternative.

Sono state fatte analisi di sensibilità per assicurare la consistenza dei risultati dello studio e i risultati ottenuti sono riportati nel paragrafo 6.1 del presente rapporto.

### 6.2.3 Controllo di coerenza

Il controllo di coerenza permette di assicurare che la qualità dei dati, le assunzioni e i metodi usati sono stati coerenti con l'obiettivo e campo di applicazione dello studio. Ciò è stato fatto seguendo il metodo indicato nel Manuale ILCD9 (vedi tabella).

TABELLA 16: TABELLA DI CONTROLLO DI COERENZA

CONTROLLO DI COERENZA	GIUSTIFICAZIONE
Qualità dei dati	È considerata sufficiente; i dati specifici sono stati confrontati e validati con dati di letteratura; la mancanza di dati è stata sopperita da approfondite ricerche bibliografiche.
Scelta del metodo	Le scelte metodologiche fatte sono coerenti con le norme ISO 14040 e 14044 e ISO 14067 prese come riferimento nel presente studio.
Valutazione di impatto	Le categorie di impatto e le metodologie scelte sono coerenti con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio.
Valutazione delle incongruenze	Dalle analisi dei risultati, dei flussi di input ed output, delle reti dei risultati non sono state rilevate incongruenze

### 6.2.4 Stima dell'incertezza

La stima dell'incertezza aiuta i destinatari degli studi LCA a valutare la fondatezza e l'applicabilità dei dati ottenuti determinando in quale modo le incertezze dei dati incidono sull'affidabilità dei risultati.

In questo caso l'analisi è stata effettuata con il supporto del software SimaPro mediante il metodo Monte Carlo, che è basato su un algoritmo che genera una serie di dati casuali tra loro non correlati e con la distribuzione di probabilità che si suppone abbia il fenomeno da indagare. Il software simula per un numero di cicli predeterminato il calcolo dei risultati e valuta la distribuzione dei risultati ottenuti e da questi l'incertezza sul valore finale. L'incertezza, di fatto, deriva dalle misure di deviazione standard log-normale presenti in ciascuno dei processi unitari delle banca dati usati per modellizzare di ciclo di vita del prodotto analizzato.

La stima dell'incertezza è stata fatta per la categoria d'impatto *climate change*, calcolando per ognuna i valori di media, mediana, deviazione standard (DS), coefficiente di variazione (CV) e i due valori che definiscono l'intervallo di confidenza del 95% del parametro P, e quindi 2,50% e 97,5%.

I risultati sono presentati nella tabella sottostante.

TABELLA 17: STIMA DELL'INCERTEZZA DEI DUE PACKAGING

Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (%)	2,5%	97,5%	Errore standard di media
BASE	kg CO <sub>2</sub> eq	4,99E-02	4,96E-02	3,18E-03	6,37%	4,44E-02	5,69E-02	1,00E-04
SOSTENIBILE (rPET 50%)	kg CO <sub>2</sub> eq	3,37E-02	3,36E-02	2,06E-03	6,11%	3,01E-02	3,81E-02	6,51E-05
SOSTENIBILE (rPET 85%)	kg CO <sub>2</sub> eq	3,03E-02	3,01E-02	2,06E-03	6,79%	2,67E-02	3,50E-02	6,51E-05

Il valore dell'incertezza calcolato sulla Carbon Footprint è risultato intorno al 7%, che per uno studio LCA è un valore basso.

### 6.3 Giudizi di esperti

Per l'esecuzione del presente studio LCA, è stato richiesto il supporto di esperti del settore plastico per l'elaborazione dei dati e per la modellizzazione di processi specifici.

Lo studio non è stato sottoposto a *peer review* da parte di personale esperto in LCA (vedi successivo § 7).

## 7 Riesame critico

Il presente studio LCA NON è stato sottoposto a riesame critico indipendente, condotto nel rispetto delle linee guida fornite dalla Norma UNI CEN ISO/TS 14071: 2016 (Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Processi di riesame critico e competenze dei revisori: requisiti aggiuntivi e linee guida per la ISO 14044: 2006) e finalizzato alla verifica di conformità dello studio LCA ai requisiti delle Norme UNI EN ISO 14040:2006 (Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento) e UNI EN ISO 14044:2018 (Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida).

L'assenza del riesame critico è garantita dal fatto che:

- i risultati dello studio LCA non sono comunicati pubblicamente a terzi, cioè a una parte interessata diversa da chi ha ordinato lo studio, o da chi l'ha realizzato;
- lo studio di LCA non è a sostegno di asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.



## 8 Bibliografia

1. UNI EN ISO 14040:21 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento;
2. UNI EN ISO 14044:21 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario, valutazione dell'impatto del ciclo di vita, interpretazione del ciclo di vita;
3. Rapporto rifiuti ISPRA 2022, dati aggiornati al 2021;
4. Clara Ceppa, Gian Paolo Marino. Food-pack waste systemic management. Alternative ways to reuse materials and to develop new business, products and local markets. *Procedia Environmental Sciences* 16 (2012) 616 – 623;
5. Camila Tavora de Mello Soares, Monica Ek, Emma Ostmark, Mikael Gallstedt, Sigbritt Karlsson. Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios *Resources, Conservation & Recycling* 176 (2022);
6. Walker et al. Recycling of multilayer plastic packaging materials by solvent-targeted recovery and precipitation, *Sci. Adv.* 2020.