

Valutazione della sostenibilità ambientale di vaschette prodotte da scarti agricoli tramite Life Cycle Assessment

Ing. Arianna Paini – Centro CIPACK - Unipr



L'Europa investe nelle zone rurali

Obiettivi e fasi preliminari

Valutazione della sostenibilità ambientale mediante analisi Life Cycle Assessment (LCA) con software SimaPro 9.4 di un packaging alimentare prodotto a partire da un materiale polimerico bio-based a cui viene aggiunta una percentuale di riempitivo derivante da scarti agricoli

Individuazione della matrice bio-based



- PLA
- Blend PLA/PBAT 60/40

Selezione dello scarto agricolo



Fieno macinato (FM)

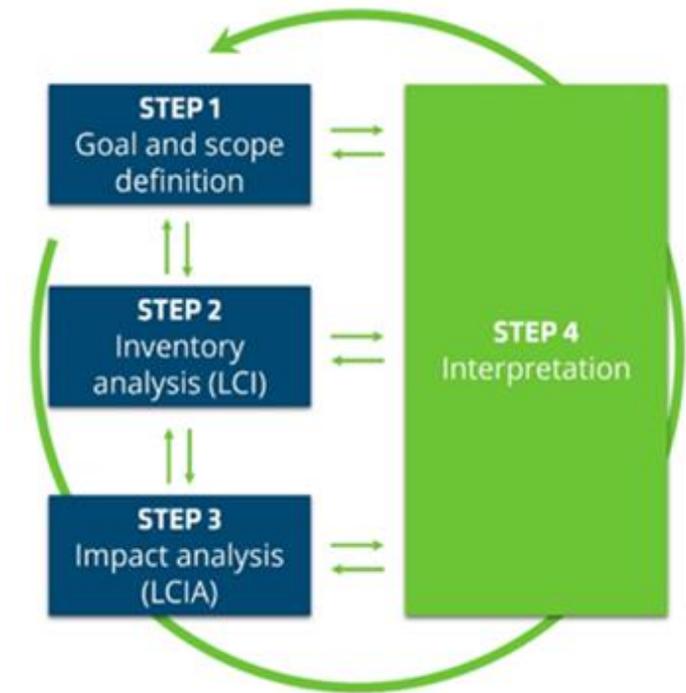
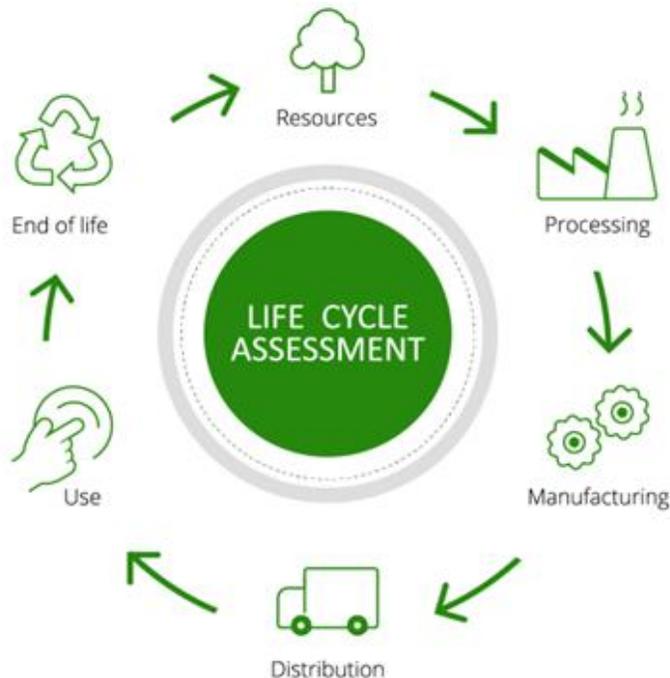
Le scelte sono state effettuate sulla base della valutazione combinata delle proprietà meccaniche e delle performance ambientali tramite Life Cycle Assessment (LCA)



08/06/2023

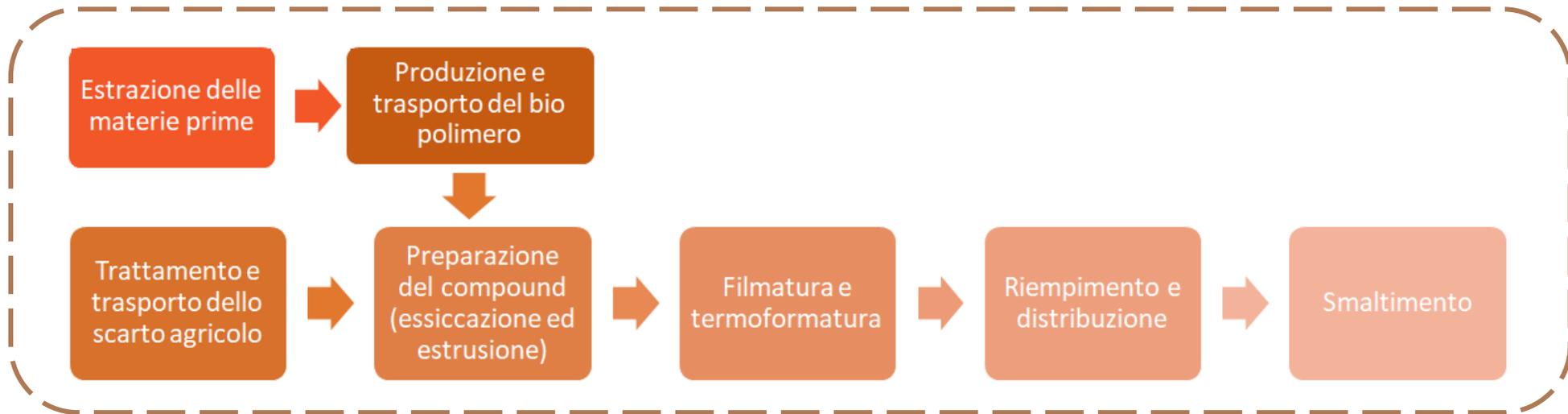
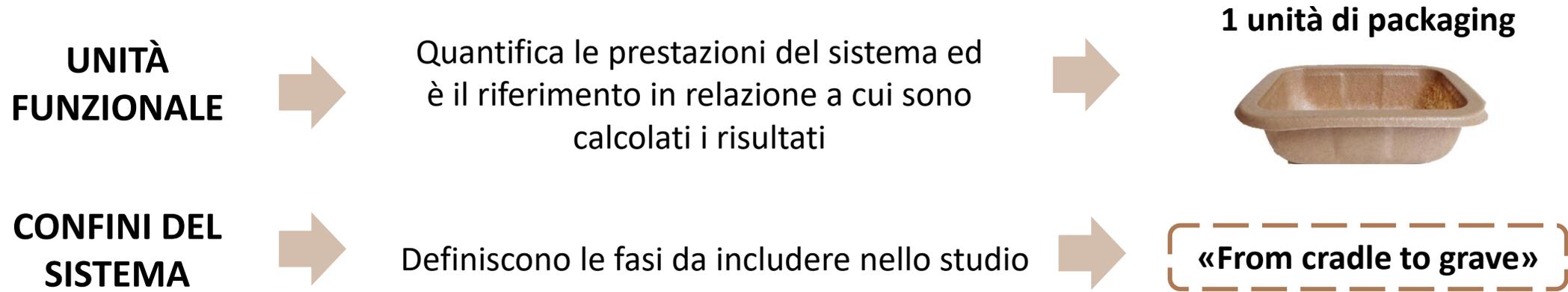
Life Cycle Assessment

L' LCA è un processo che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività. L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita, dall'estrazione e trattamento delle materie prime, alla produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, al suo uso, riuso e manutenzione, fino allo smaltimento o alla collocazione finale del prodotto dopo il suo utilizzo. È inoltre uno strumento fondamentale nell'ambito di processi decisionali.



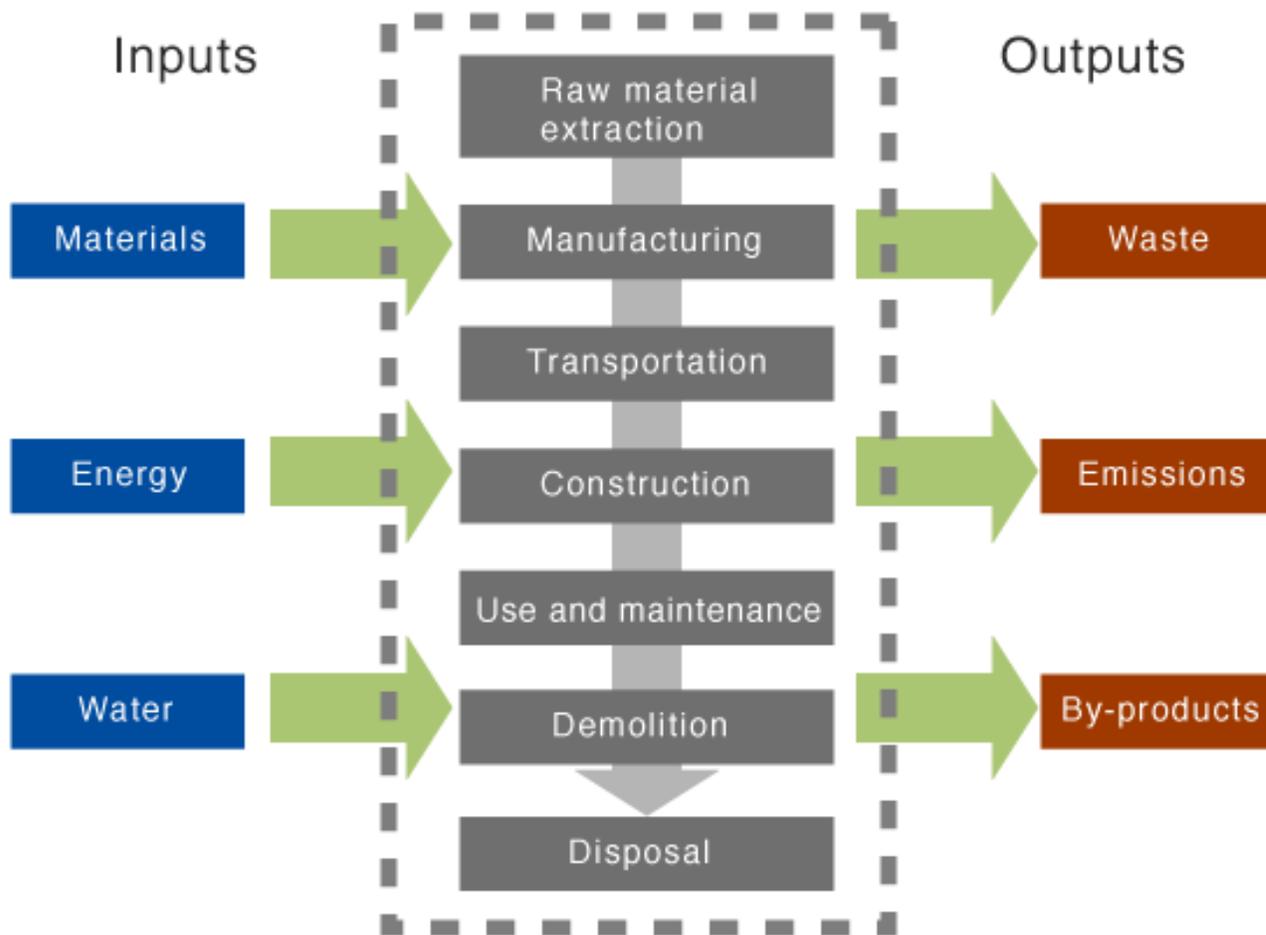
08/06/2023

Definizione dell'ambito e dell'obiettivo



08/06/2023

Analisi di inventario



L'analisi di inventario comprende la raccolta dei dati di consumo connessi a ciascuna fase inclusa nel ciclo di vita del sistema per quantificare i flussi di input e output

Tutti i dati devono essere rielaborati in modo da essere riferiti all'unità funzionale

In assenza di dati primari raccolti in campo si può ricorrere a dati secondari da letteratura o da database (Ecoinvent 3.8)



08/06/2023

Valutazione dell'impatto

L'analisi degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito di rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dal sistema in oggetto.

Le emissioni associate al sistema contribuiscono a svariate problematiche, rappresentate da categorie di impatto. Ciascuna categoria ha un indicatore che ne rappresenta l'unità di misura equivalente

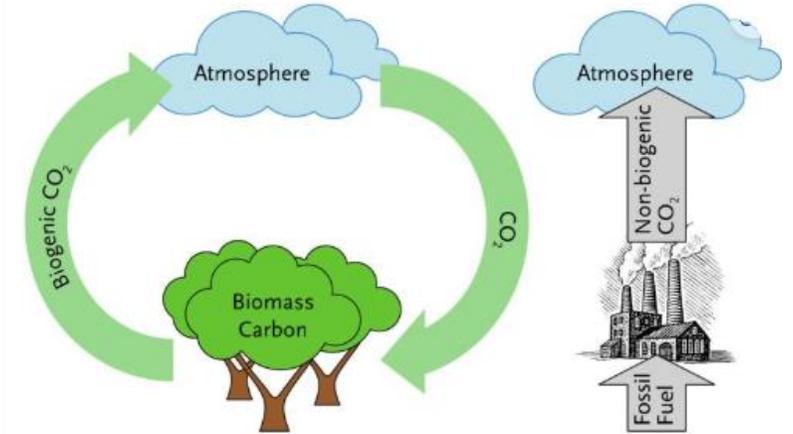


08/06/2023

Metodi scelti per la valutazione dell'impatto

IPCC 2021

È un metodo a singola emissione che valuta il solo impatto legato al potenziale di riscaldamento globale (GWP – kg CO₂ eq). Esso viene considerato nelle sue diverse componenti: GWP100 – fossil, GWP100 land transformation, GWP100 biogenic, GWP100 CO₂ uptake



EPD 2018

È un metodo europeo, utilizzato per le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD), che include le seguenti 8 categorie di impatto: Acidification, Eutrophication, Global warming, Photochemical oxidation, Abiotic depletion – elements, Abiotic depletion – fossil fuels, Water scarcity, Ozone layer depletion



08/06/2023

LCA per la definizione dello scarto da usare come filler



Gli unici impatti ambientali associati agli scarti sono quelli dovuti ai trattamenti (effettuati su scala pilota) e ai trasporti

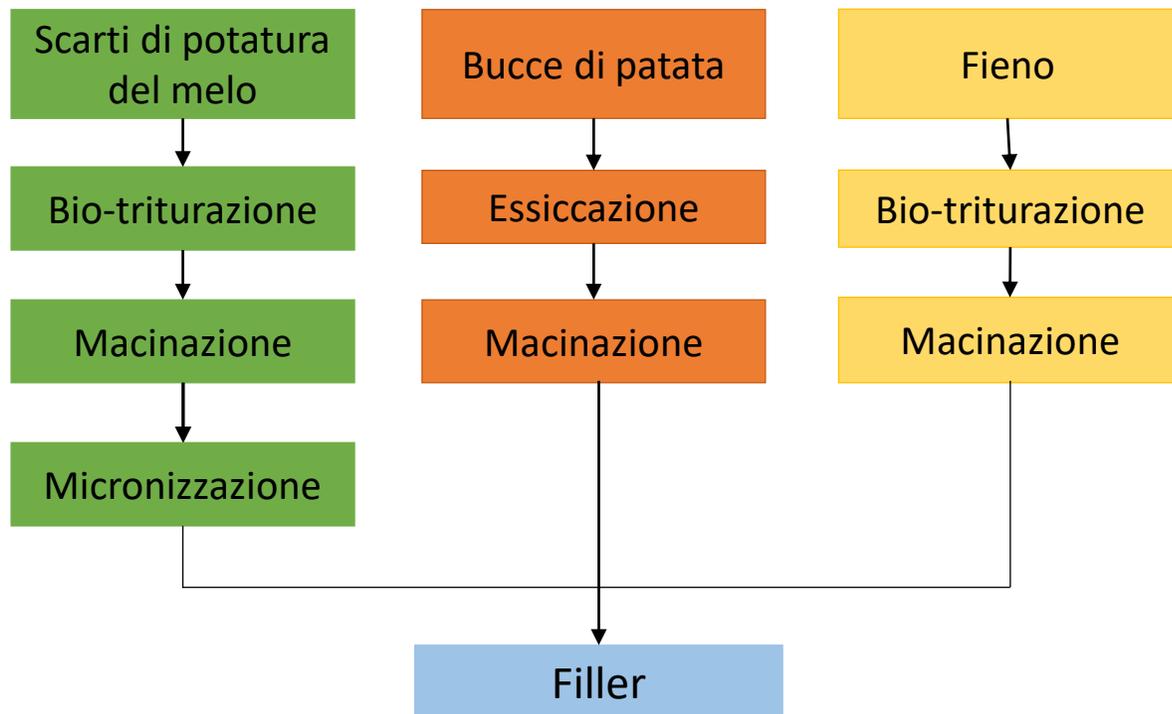


Scarto agricolo	Trattamento	Consumo energetico
Scarti di potatura del melo	Bio-triturazione	0.88 kWh/kg
	Macinazione	11.52 kWh/kg
	Micronizzazione	6.2 kWh/kg
Bucce di patata	Essiccazione	4 kWh/kg
	Macinazione	0.61 kWh/kg
Fieno	Bio-triturazione	0.6 kWh/kg
	Macinazione	6.48 kWh/kg

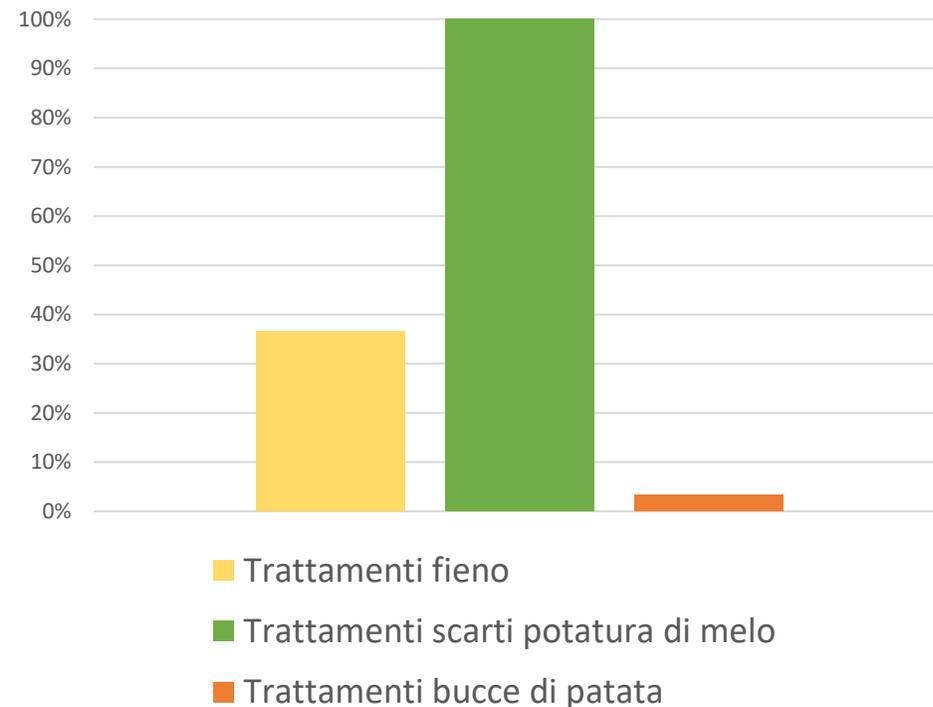


08/06/2023

LCA per la definizione dello scarto da usare come filler - trattamenti



Confronto percentuale dell'impatto ambientale dei trattamenti dei filler, Global warming (GWP100a) [kg CO2 eq], Metodo EPD 2018

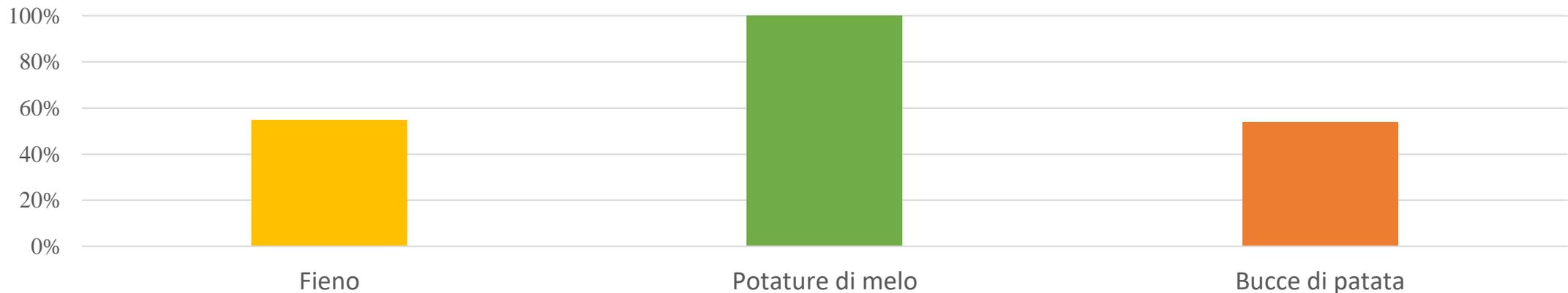


08/06/2023

LCA per la definizione dello scarto da usare come filler - trasporto

	Trasporto	Processo	Distanza percorsa [km]	TOTALE [km]
Bucce di patata	Azienda Ortigiani - Azienda Stuard	Essiccazione	60	98
	Azienda Stuard - Campus	Biotriturazione	8	
	Campus - Marani srl Sissa Trecasali	Macinazione	30	
Fieno	Azienda agricola Brugnoli - Campus	Biotriturazione	70	100
	Campus - Marani srl Sissa Trecasali	Macinazione	30	
Scarti di potatura di melo	Azienda Ortigiani - Campus	Biotriturazione	65	182
	Campus - Marani srl Sissa Trecasali	Macinazione	30	
	Marani srl Sissa Trecasali - SeparMicroSystem Flero (BS)	Micronizzazione	87	

Impatto trasporto 7.5-16 metric ton Euro5, Global warming GWP100a [kg CO2 eq], Metodo EPD 2018



08/06/2023



Selezione delle blend da prove di laboratorio

Blend

MATRICI SELEZIONATE IN BASE ALLE PROPRIETÀ MECCANICHE

PLA

60% PLA /40% PBAT

60% PBAT/40% PLA

PBS

PLA+ 30% FM*

60/40 PLA/PBAT + 30/40% FM

60/40 PBAT/PLA + 30/40% FM

PBS + 30% FM

PLA+ 30% BPM

60/40 PLA/PBAT + 30/40% BPM

60/40 PBAT/PLA + 30/40% BPM

PBS + 40% BPM

FILLER CON MIGLIORE COMPATIBILITÀ CON LE MATRICI



30-40 % fieno macinato (FM)



30-40 % bucce di patata macinate (BPM)

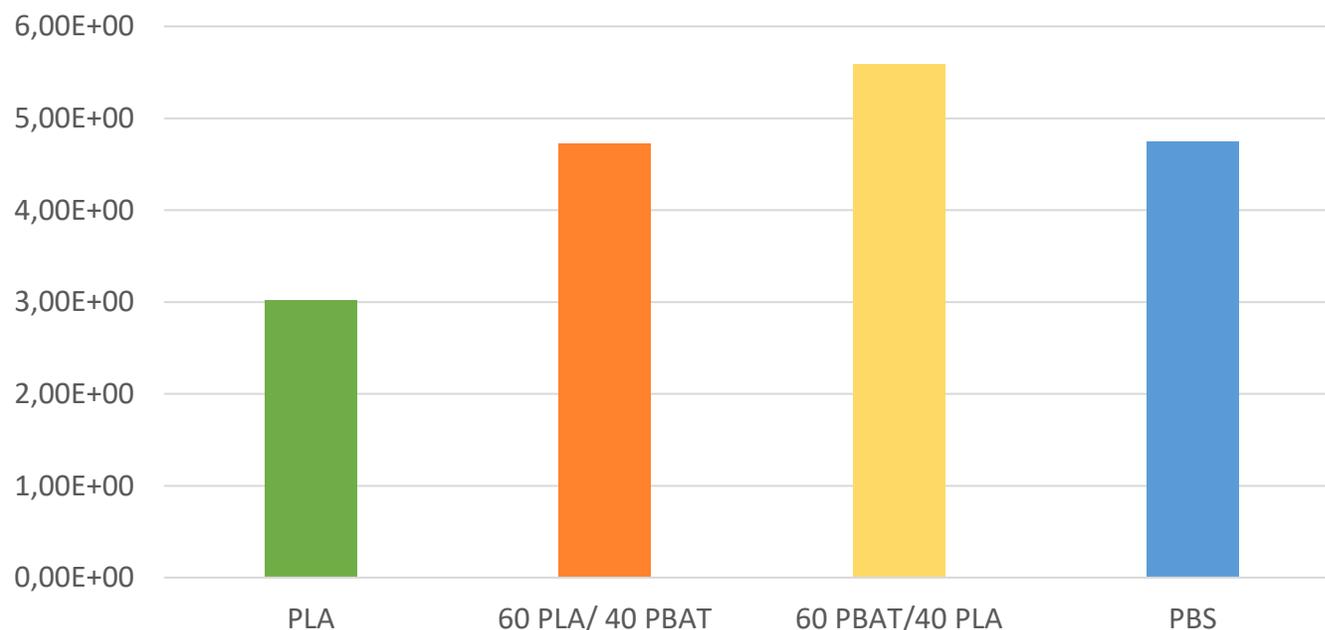
* FM = fieno macinato



08/06/2023

LCA e definizione della matrice polimerica

Categoria d'impatto	Unità	PLA	60PLA/40PBAT	60PBAT/40PLA	PBS
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	3,02E+00	4,73E+00	5,58E+00	4,75E+00



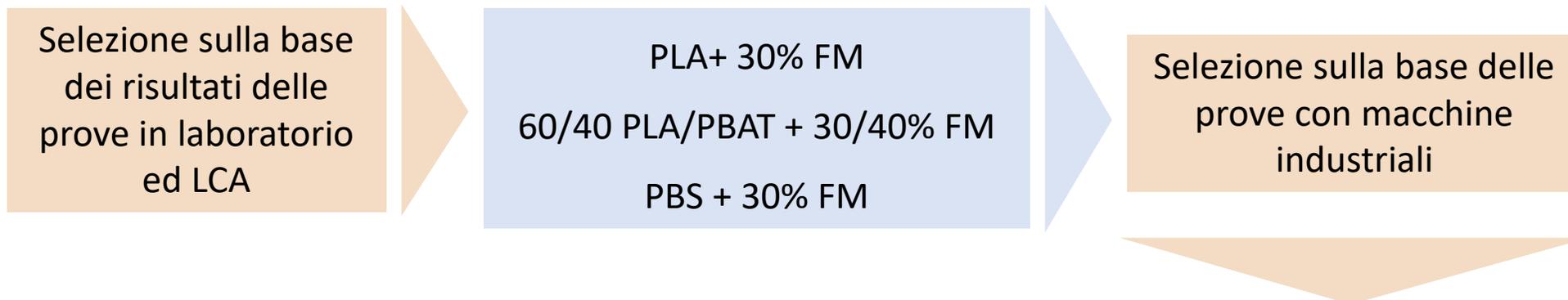
Le matrici polimeriche sono state selezionate sulla base della compatibilità con gli scarti

La matrice con 60% PBAT e 40% PLA è quella a cui è associato l'impatto più alto in termini di Global warming potential a causa dell'elevato contenuto di PBAT, che presenta un impatto maggiore di quello del PLA e del PBS



08/06/2023

Scelta delle blend



Quale tipologia di vaschetta risulta la migliore dal punto di vista delle proprietà meccaniche e delle performance ambientali?



- 90% PLA+ 10% FM (codice: PLA 046)
- 80% PLA + 20% FM (codice: PLA 056)
- 90% PLA/PBAT 60/40 + 10% FM (codice: PLA 054)



08/06/2023

Scale up industriale

Biotriturazione
e macinazione
fieno

Essiccazione
materiali tal
quali

Compounding

Essiccazione
granuli blend

Filmatura

Termoformatura



Agrindustria Tecco

Consorzio Proplast



08/06/2023

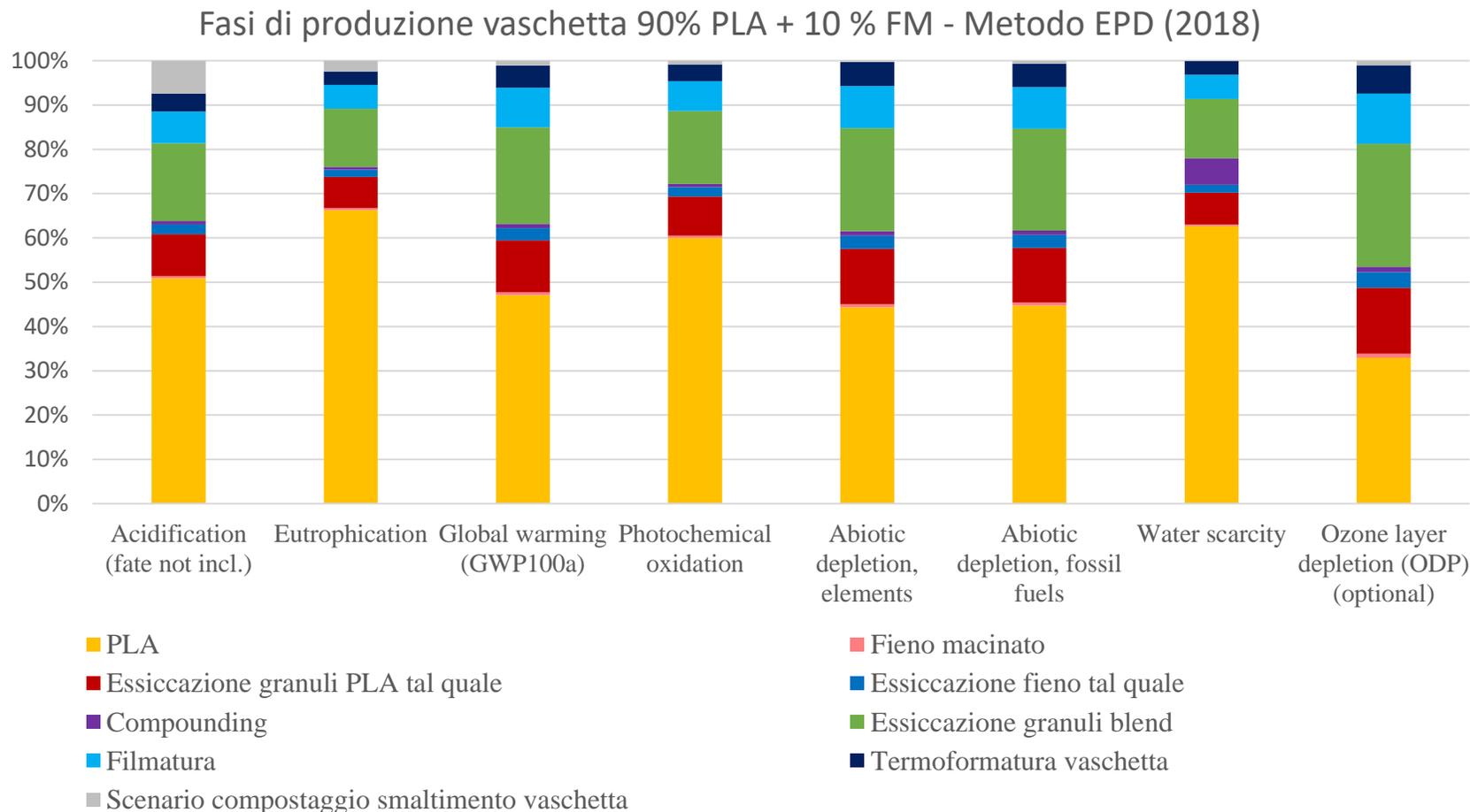
Analisi di inventario

Dati processo macinazione fieno		Dati essiccazione blend polimerici	
Quantità ottenuta [kg]	840	Quantità essiccata [kg]	10
Biotriturazione [kWh/kg]	0,60	Essiccazione PLA 046 [kWh/kg]	3,36
Macinazione [kWh/kg]	0,42	Essiccazione PLA 054 [kWh/kg]	4,38
Dati essiccazione materiali tal quali		Essiccazione PLA 056 [kWh/kg]	4,38
Quantità essiccata [kg]	10	Dati filmatura	
Essiccazione PLA [kWh/kg]	2,00	Quantità filmata [kg]	5
Essiccazione PBAT [kWh/kg]	1,60	Filmatura PLA 046 [kWh/kg]	1,37
Essiccazione PLA/PBAT 60/40 [kWh/kg]	2,40	Filmatura PLA 054 [kWh/kg]	1,35
Essiccazione FM [kWh/kg]	4,32	Filmatura PLA 056 [kWh/kg]	1,34
Dati fase di compounding		Dati termoformatura	
Prodotto estruso [kg]	10	Termoformatura PLA 046 [kWh/p]	0,03
Compounding [kWh/kg]	0,14	Termoformatura PLA 056 [kWh/p]	0,03
Acqua di raffreddamento [l/kg]	8,40	Termoformatura PLA 054 [kWh/p]	0,06



08/06/2023

Analisi dei risultati – vaschetta 90% PLA + 10% FIENO



Peso vaschetta considerata doppia (fondo e chiusura): 38,45 g

Dal grafico si nota che per tutte le categorie di impatto il contributo maggiore è dato dalla matrice bio-polimerica, seguito dall'operazione di essiccazione.

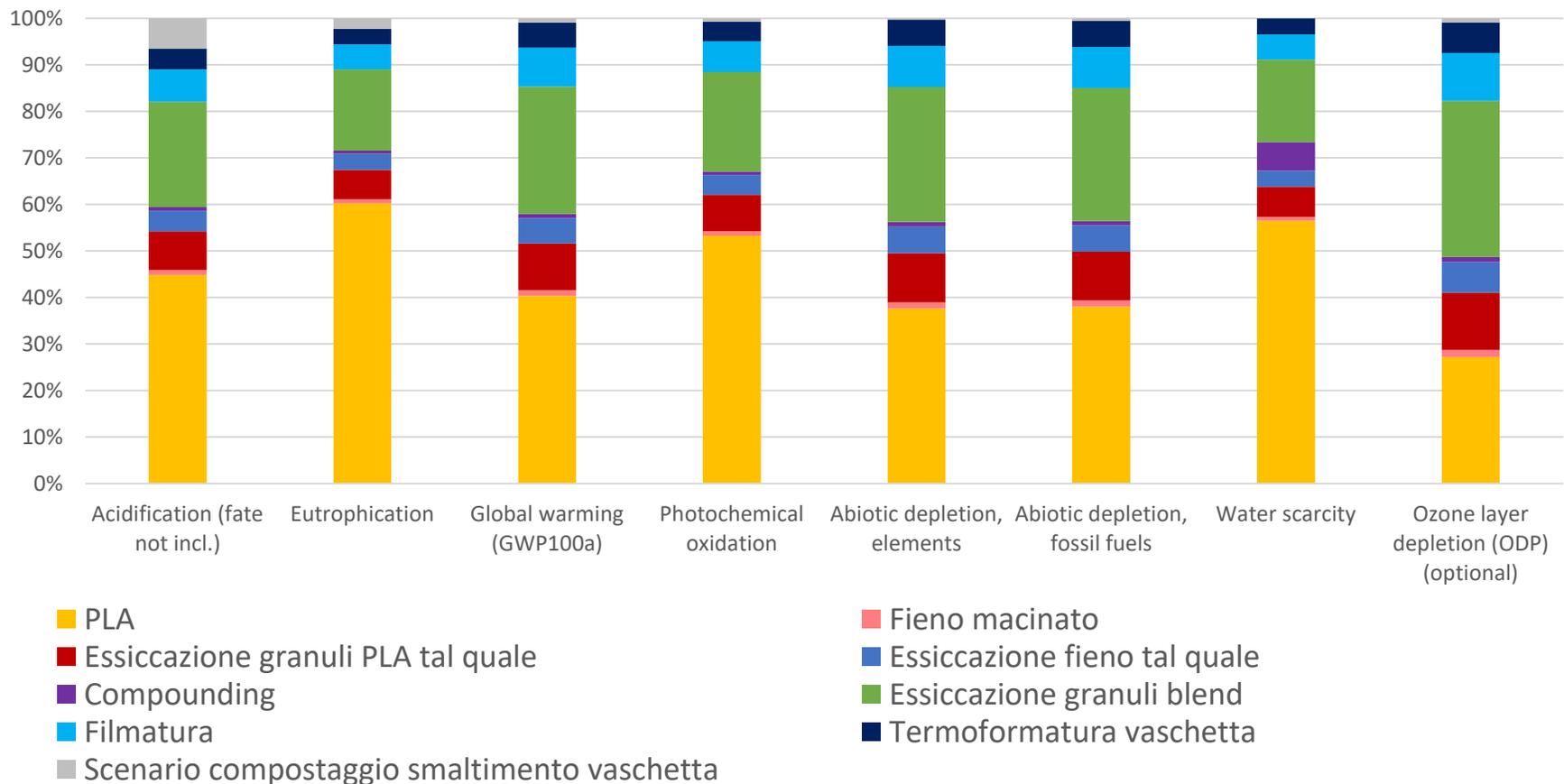


08/06/2023



Analisi dei risultati – vaschetta 80% PLA + 20% FIENO

Fasi di produzione vaschetta 80% PLA + 20 % FM - Metodo EPD (2018)



Peso vaschetta considerata doppia (fondo e chiusura): 34,96 g

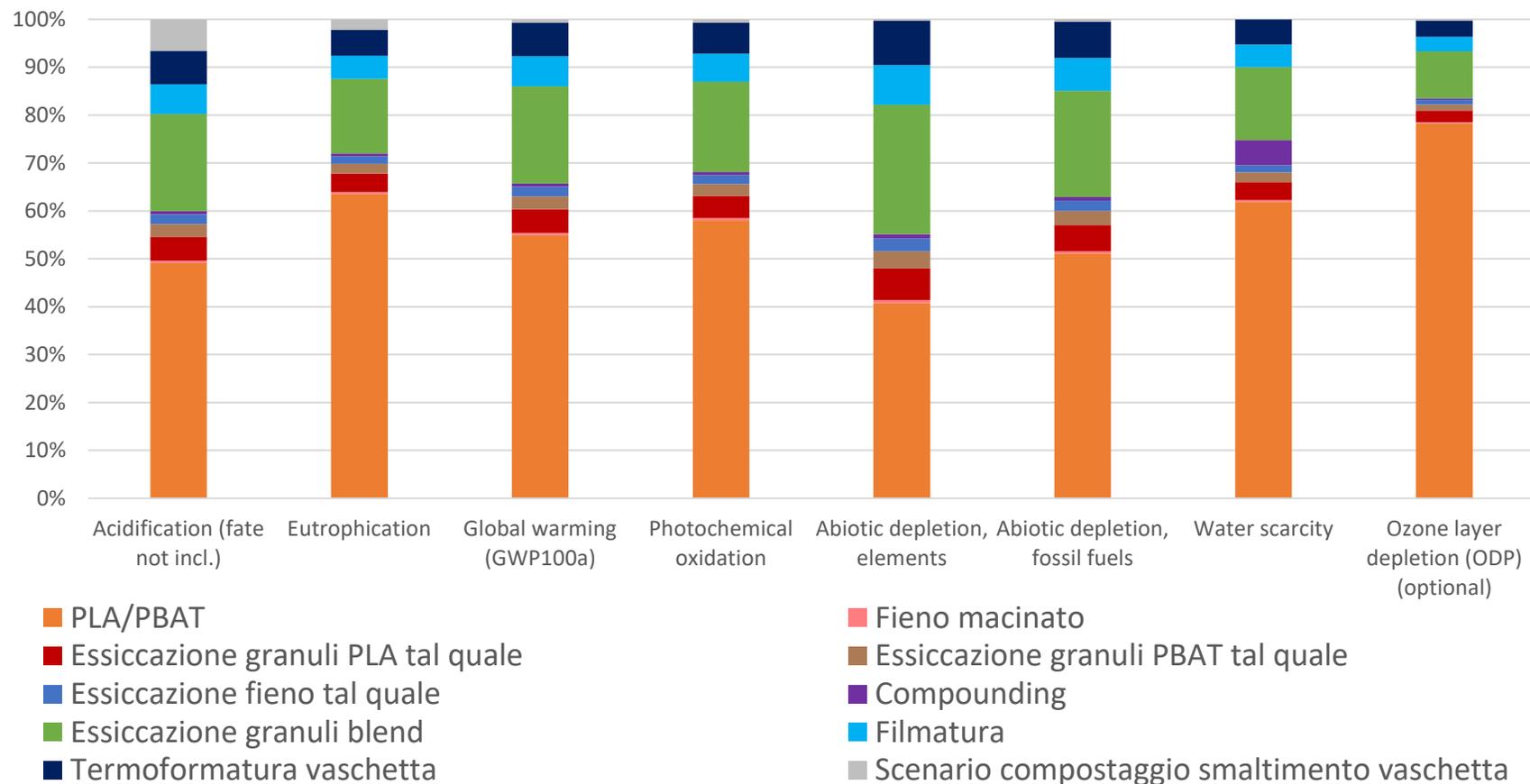
Aumentando la percentuale di filler diminuisce l'impatto totale rispetto alla soluzione precedente grazie all'aumento della componente di impatto evitato. A livello di ripartizione percentuale degli impatti aumenta il contributo dell'essiccazione essendo maggiore il quantitativo di filler da trattare



08/06/2023

Analisi dei risultati – vaschetta 90% PLA/PBAT (60/40) + 10% FIENO

Fasi di produzione vaschetta 90% PLA/PBAT 60/40 + 10 % FM - Metodo EPD (2018)



Peso vaschetta considerata doppia (fondo e chiusura): 39,79 g

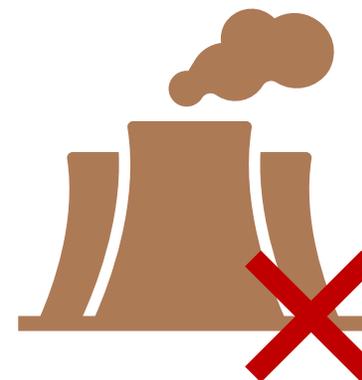
L'impatto della matrice PLA/PBAT è maggiore rispetto al PLA e dunque il suo contributo percentuale al totale dell'impatto per tutte le categorie del metodo EPD 2018 è maggiore di quella della vaschetta costituita da 90% PLA + 10% FIENO



08/06/2023

Approccio Cut-off per l'allocazione degli impatti

Il beneficio dato dall'utilizzo di un prodotto di scarto, come il fieno macinato, è valutato secondo l'approccio Cut-off in termini di risparmio di estrazione di nuove risorse e impatto evitato del trattamento a fine vita, qualora il fieno fosse smaltito come scarto agricolo. In particolare, è stato scelto l'incenerimento come scenario di smaltimento del fieno, qualora non utilizzato per una nuova applicazione come le vaschette in analisi

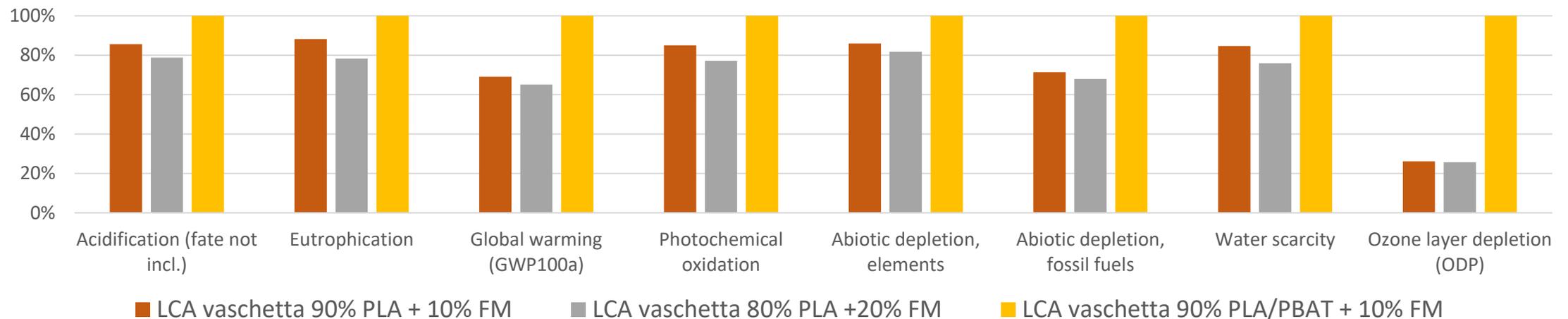


08/06/2023

Analisi dei risultati – confronto considerando l’impatto evitato

Categoria d'impatto	Unità	LCA vaschetta 90% PLA + 10% FM	LCA vaschetta 80% PLA +20% FM	LCA vaschetta 90% PLA/PBAT + 10% FM
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	1,13E-03	1,04E-03	1,32E-03
Eutrophication	kg PO ₄ --- eq	4,03E-04	3,58E-04	4,57E-04
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	2,22E-01	2,09E-01	3,21E-01
Photochemical oxidation	kg NMVOC	6,79E-04	6,17E-04	7,99E-04
Abiotic depletion, elements	kg Sb eq	2,07E-06	1,97E-06	2,41E-06
Abiotic depletion, fossil fuels	MJ	2,74E+00	2,61E+00	3,84E+00
Water scarcity	m ³ eq	2,42E-01	2,17E-01	2,86E-01
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,10E-08	2,06E-08	8,02E-08

Confronto LCA con impatto evitato incenerimento fieno - metodo EPD (2018)

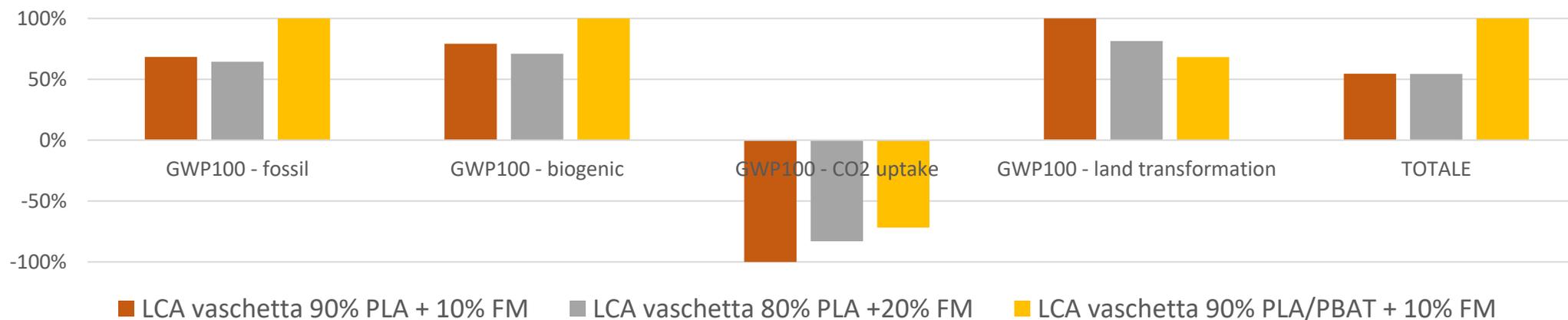


08/06/2023

Analisi dei risultati – confronto considerando l’impatto evitato

Categoria d'impatto	Unità	LCA vaschetta 90% PLA + 10% FM	LCA vaschetta 80% PLA +20% FM	LCA vaschetta 90% PLA/PBAT + 10% FM
GWP100 - fossil	kg CO2-eq	2,20E-01	2,07E-01	3,21E-01
GWP100 - biogenic	kg CO2-eq	2,80E-02	2,51E-02	3,53E-02
GWP100 - CO2 uptake	kg CO2-eq	-8,73E-02	-7,24E-02	-6,27E-02
GWP100 - land transformation	kg CO2-eq	8,53E-04	6,95E-04	5,83E-04
TOTALE	kg CO2-eq	1,61E-01	1,60E-01	2,94E-01

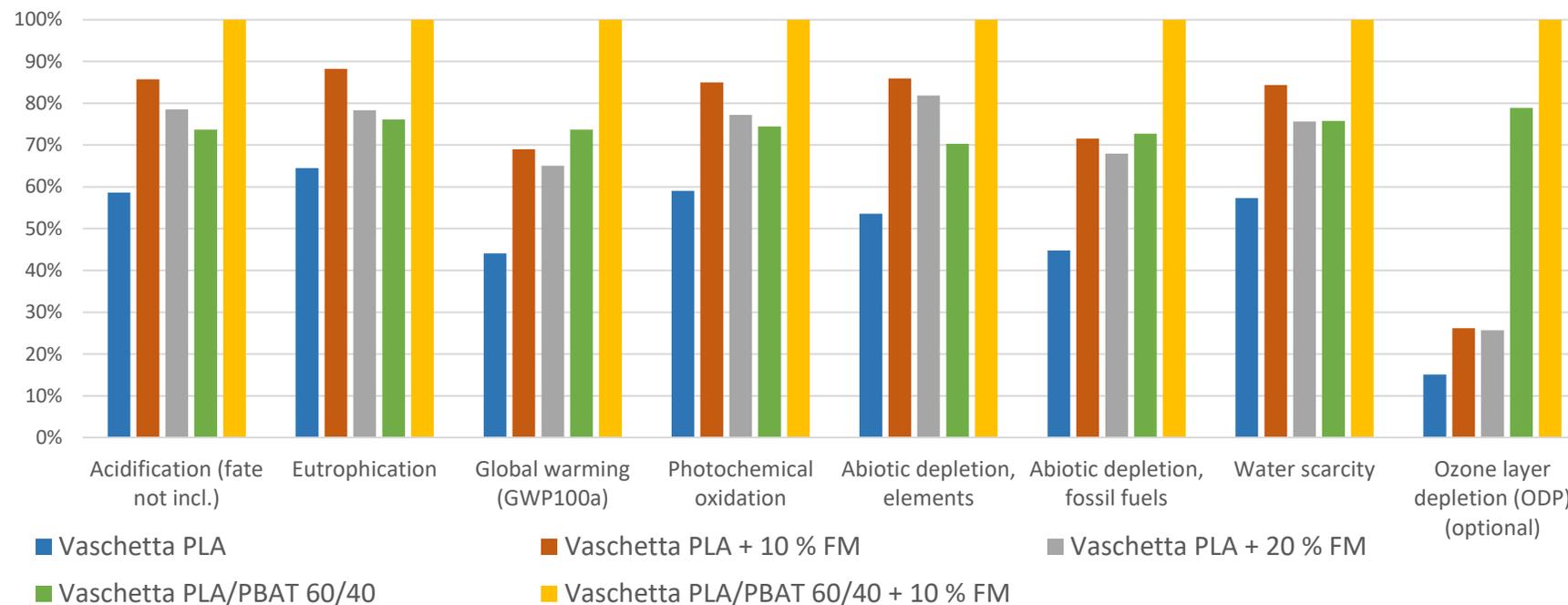
Confronto LCA con impatto evitato incenerimento fieno - metodo IPCC 2021



08/06/2023

Analisi dei risultati – confronto con vaschette commerciali

Le vaschette sono state confrontate con delle analoghe commerciali di pari volume costituite da 100% **PLA** e 100% **PLA/PBAT 60/40**



Esempio vaschetta commerciale in PLA dal peso di 30 g

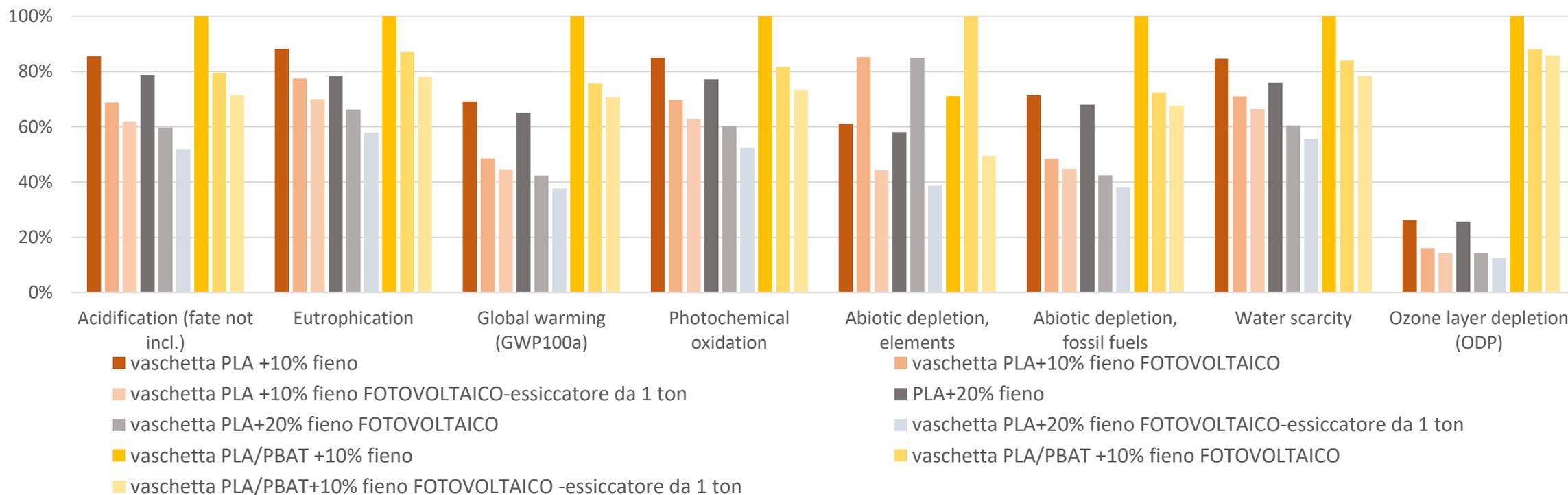
- La vaschetta commerciale 100% **PLA** impatta meno delle vaschette in **PLA + 10% FM** e **PLA + 20% FM**
- La vaschetta commerciale 100% **PLA/PBAT 60/40** impatta meno della vaschetta in **PLA/PBAT 60/40 + 10% FM**



08/06/2023

Analisi di sensitività

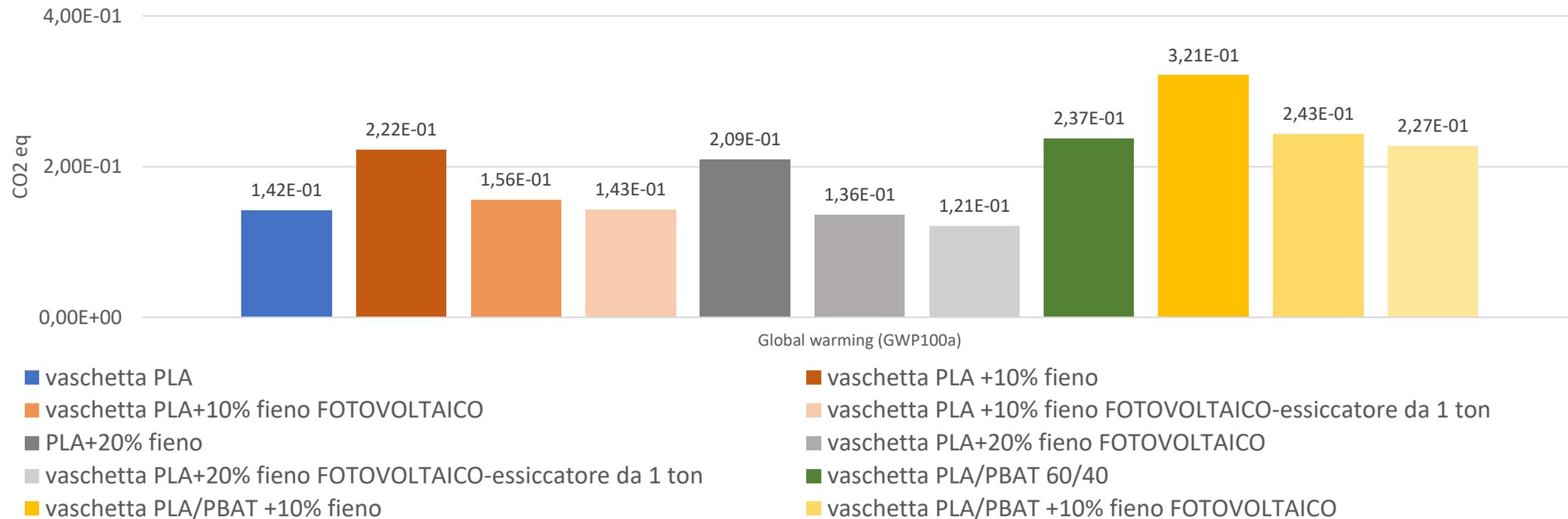
- Utilizzo di energia elettrica da impianto **fotovoltaico** per le fasi di essiccazione
- Utilizzo di energia elettrica da impianto fotovoltaico per le fasi di essiccazione + **essiccatore di capacità 1 ton**
 → adozione di una logica di economia di scala in cui l'utilizzo di un essiccatore industriale di grande capacità (1 ton) consente di abbassare il consumo energetico specifico all'unità funzionale.



08/06/2023



Analisi di sensitività – focus su Global warming potential



Utilizzando essiccatori più grandi e alimentati da energia rinnovabile l'impatto ambientale della vaschetta 90% PLA + 10% fieno diventa analogo a quella 100% PLA, mentre le vaschette con matrice polimerica costituita dalla blend PLA/PBAT presentano continuano a presentare un impatto elevato riconducibile alla quota presente di PBAT. La vaschetta con impatto più basso è quella contenete il 20% fieno e prodotta con processi ottimizzati in termini energetici



08/06/2023



Analisi di sensitività – considerazioni

Con l'utilizzo di energia elettrica da impianto fotovoltaico + essiccatore di capacità 1 ton risulta che:

- PLA + 10 % fieno → l'aggiunta del 10% di fieno non comporta un beneficio ambientale rispetto all'alternativa commerciale a base 100% PLA
- PLA + 20 % → l'aumento al 20% della percentuale di fieno risulta in un beneficio ambientale
- PLA/PBAT 60/40 + 10% → l'ottimizzazione dei processi non compensa l'elevato impatto ambientale della matrice polimerica costituita dalla blend PLA/PBAT e pertanto le performance ambientali risultano peggiori rispetto a quelle della vaschetta con matrice PLA in tutti gli scenari.



Per riuscire a portare al 20% la percentuale di fieno in modo da sfruttare i benefici ambientali senza compromettere le proprietà meccaniche della vaschetta è stata valutata una nuova matrice polimerica costituita da **PLA + plasticizzante bio-based (Glycerol triacetate)**



08/06/2023



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

Grazie per l'attenzione



CIPACK

