

anni di
Life Cycle Assessment
sviluppi metodologici e applicativi

**XVII Convegno della
Associazione Rete Italiana LCA**

28-30 giugno 2023

Politecnico di Milano

ATTI DEL CONVEGNO



POLITECNICO MILANO 1863



**ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA**



Con il patrocinio di:
**MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA**



POLITECNICO MILANO 1863



Con il patrocinio di:
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

ATTI

XVII Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

30 anni di

Life Cycle Assessment

sviluppi metodologici e applicativi

28-30 giugno 2023

Politecnico di Milano

Via Ampère 10, 20133 Milano

© 2023 Associazione Rete Italiana LCA

Publicato da: Associazione Rete Italiana LCA

Data di pubblicazione: 2023

Paese di pubblicazione: Italia

Lingua: Italiano

Formato dell'e-book: PDF

ISBN: 9791221004601

BIOeconomia Circolare, LCA nella filiera agroalimentare per gli obiettivi del Green Deal UE (BIOMAC)

Daniel Collenzini¹, Daniele Brigolin¹

Abstract: Il progetto BIOMAC mira a caratterizzare le potenzialità associate alla valorizzazione degli scarti alimentari, mediante l'applicazione di LCA presso un'azienda in cui risorse eccedenti originate dall'industria agroalimentare vengono reindirizzate alla catena produttiva. Lo studio ha preso in considerazione l'arco temporale di 1 anno. I risultati hanno permesso di caratterizzare il metabolismo aziendale mediante 5 indicatori. Un'analisi di scenario condotta considerando la frazione di eccedenze attualmente indirizzate a rifiuto, ha evidenziato come gli impatti prodotti siano nel complesso inferiori a quelli stimati relativi allo smaltimento degli scarti alimentari come rifiuto inviandoli a incenerimento (ad eccezione di AD). I risultati sono discussi rispetto alle possibili estensioni della presente analisi.

1. Introduzione

Lo spreco alimentare e le perdite alimentari lungo la filiera sono un tema centrale per la sostenibilità dei modelli di produzione e consumo (Andrea Segrè et al. 2016). Secondo la FAO (Gustavsson, J. et al. 2011), ogni anno vengono sprecate globalmente 1.3 miliardi di tonnellate di alimenti corrispondenti a circa 1/3 della produzione mondiale. L'urgenza di ripensare i modelli di economia lineare basati sullo sfruttamento delle risorse è uno dei presupposti per una transizione verso pratiche maggiormente sostenibili (Cadillo-Benalcazar et al., 2020). Con l'adozione a livello europeo del Piano d'Azione sull'Economia Circolare e della Direttiva 2008/98/EC sui rifiuti, sono aumentate le possibilità di riutilizzo degli scarti attraverso pratiche circolari. In questo contesto, negli ultimi anni sono cresciuti esempi di imprese rivolte a valorizzare degli sprechi dell'agroindustria, per reinserirli nella filiera aumentandone così la sostenibilità. Dal punto di vista della ricerca scientifica, vi è un notevole interesse per l'individuazione e la dimostrazione dell'applicabilità di metodologie di analisi e valutazione, rivolte a caratterizzare costi e benefici ambientali associati a tali pratiche (vedi ad es. Santagata et al., 2021), su diverse scale spaziali e temporali, al fine di efficientarne l'uso delle risorse, consentendo una maggiore circolarità nella gestione. Il presente studio si inserisce in questo contesto, con l'obiettivo di utilizzare un approccio basato sull'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) per quantificare costi e benefici associati ad attività di recupero e riutilizzo degli ex prodotti alimentari come componenti nel settore della mangimistica da allevamento.

¹ Università Iuav di Venezia, Dipartimento di Culture del Progetto, Dorsoduro 2206, 30123 Venezia, Italia
E-mail: dcollenzini@iuav.it

2. Materiali e metodi

2.1. Definizione del contesto

All'interno del contesto sopra descritto, il modello BIOMAC mira a caratterizzare le barriere e le potenzialità associate alla valorizzazione degli scarti alimentari, proprio per contribuire all'adozione di pratiche di efficientamento delle risorse ed una maggiore circolarità nella gestione.

Il presente studio presenta un'applicazione della metodologia LCA, all'analisi del metabolismo della ditta Agricom S.r.l.; l'azienda oggetto dello studio mira a riconvertire l'economia lineare tradizionale (produco-consumo-dismetto), ad una circolare nella quale le risorse eccedenti dall'industria agroalimentare vengono reindirizzate alla catena produttiva.

Nello specifico, le attività riguardano la riduzione del rifiuto ed il recupero degli scarti e derivati della lavorazione di prodotti da forno (es. pane, pasta, crackers, biscotti e relativi imballaggi), che attualmente vengono in gran parte smaltiti in discarica (Garcia et al. 2015) o incenerimento e il possibile riutilizzo della frazione organica (Vandermeersch et al 2014) e la loro introduzione come ingrediente nella dieta dei suini in crescita-finissaggio (Prandini et al. 2007) o in altre diete animali. Oltre al recupero della materia organica, i processi di cernita meccanica messi in atto dall'azienda agevolano il successivo il riciclo degli imballaggi in carta e plastica (Mosna et al. 2016).

2.2. Metodologia LCA

Diversi studi hanno impiegato la metodologia del Life Cycle Assessment come strumento di valutazione al fine di quantificare come i rifiuti alimentari possono essere impiegati per la scelta della materia prima da sostituire (C.Lam et al. 2018), pertanto è stato deciso di impiegare l'LCA seguendo le norme internazionali ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 che ne definiscono puntualmente le fasi dell'analisi.

2.3. Scopo e unità funzionale

Lo scopo del presente studio LCA è la quantificazione degli impatti generati dall'attività di recupero e lavorazione degli scarti di ex prodotti alimentari presso l'azienda durante un intero anno solare, per la produzione di mangime complementare (2021). In una seconda fase, gli impatti calcolati per l'unità funzionale sono stati ricondotti al quantitativo di scarti alimentari attualmente gestiti come rifiuto ed inviati ad incenerimento, e sono quindi stati confrontati gli impatti derivanti dalla produzione di mangime complementare con quelli associati alla gestione del rifiuto.

L'unità funzionale è stata definita in n.1 Tonnellata di preparato per mangimi "Tricereal" composto da ex prodotti da forno macinati provenienti dall'industria alimentare secondo una ricetta specifica che dosa i vari ingredienti in percentuali definite es. (pasta da macina, biscotti, pane ecc.).

2.4. Definizione degli obiettivi, del campo di applicazione e dei confini del sistema

Gli aspetti inclusi entro i confini del sistema di produzione del Tricereal rispetto a ciascuna fase del ciclo di vita, sono riportati di seguito (Figura 1):

- Fase di approvvigionamento delle materie prime: ex prodotti alimentari provenienti dalla G.D.O., attività industriali, raccolta da dettaglio e attività produttive;

- Fase di trasporto: effettuata con il ritiro della merce presso il fornitore ad opera della flotta aziendale Agricom;
- Fase di produzione: lavorazione delle materie prime, riciclo dei rifiuti residui (plastiche miste e carta/cartoni – ad opera di terzi), consumi energetici;
- Fase di movimentazione interna allo stabilimento;
- Fase di consegna: consegna del Tricereal da parte della flotta aziendale presso il cliente

Gli aspetti esclusi:

- Produzione del packaging terziario degli ex prodotti alimentari;
- Movimentazioni di carico presso il fornitore;
- Movimentazioni di scarico presso il cliente in consegna.

CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO LCA PREPARATO PER MANGIME “TRICEREAL”

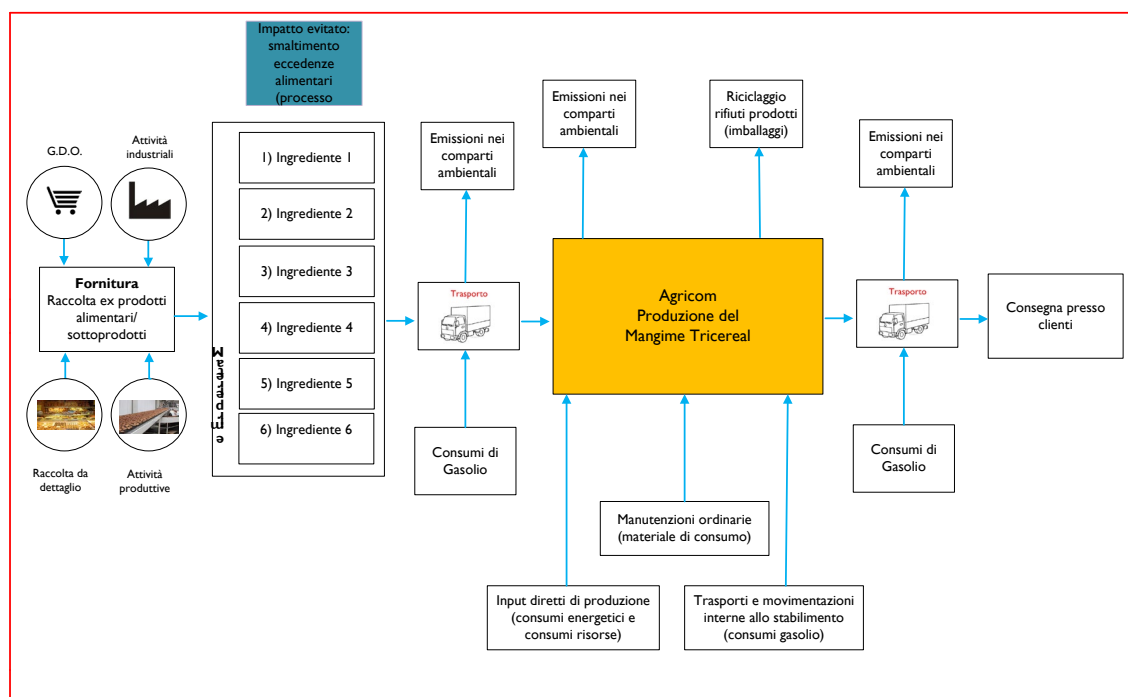


Figura 1 Campo di applicazione dello studio LCA preparato per mangime “Tricereal”

2.5. Definizione degli scenari e assunzioni

Lo studio ha preso in considerazione l’arco temporale di 1 anno (anno di riferimento 2021), esaminando gli impatti associati agli attuali processi di recupero. Successivamente, è stata realizzata un’analisi relativa ad un possibile scenario di espansione mediante recupero dello scarto alimentare attualmente gestito come rifiuto ed inviato a incenerimento. Per la definizione dello scenario comparativo, lo studio ha richiesto di valutare la frazione dell’ex prodotto alimentare che viene abitualmente smaltita come rifiuto ed inviata ad incenerimento. A tal fine, la consultazione di 58 aziende del settore agroalimentare via somministrazione di questionari, ha evidenziato come il 38,88% dello scarto da loro prodotto, venga attualmente gestito come rifiuto. Nel modello pertanto è stato introdotto lo scenario che prevede la quantificazione degli impatti legati allo smaltimento del rifiuto a incenerimento e la comparazione come impatto evitato con l’assunzione che le quan-

tità di scarto prodotto dalle aziende oggetto del questionario, siano allineate con i quantitativi recuperati da Agricom S.r.l.

2.6. Fase di analisi di Inventario – LCI (Life cycle inventory)

Dopo aver definito obiettivi e confini dell'analisi, attraverso l'elaborazione di dati primari relativi ai flussi di materia ed energia coinvolti nella catena di approvvigionamento del Tricereal, è stato prodotto l'inventario (LCI) (Tabella 1). Gran parte dei dati relativi ai processi individuati, in particolare per quanto riguarda la raccolta e il trasporto degli ex prodotti alimentari, il consumo di energia, il consumo di gasolio legato alla movimentazione interna, la produzione di rifiuti derivanti dalle operazioni di frazionamento meccanico del materiale in entrata sono stati forniti dalla società Agricom S.r.l. come dati primari oggetto dello studio. Per quanto concerne il dato sui trasporti relativo alla filiera di upstream i quantitativi sono stati calcolati in base ai 6 ingredienti componenti la ricetta del Tricereal (es. Pane, pasta, cracker ecc.) e rapportati in base alle percentuali di formulazione. L'intera flotta di mezzi usati per la logistica è stata censita e il valore mediato è stato associato al processo di trasporto all'interno del database Ecoinvent "Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5. Nella presente analisi stati considerati come impatti e quindi inseriti nell'inventario anche i processi legati al recupero delle plastiche miste e della carta/cartone derivante dalle attività di meccaniche di sconfezionamento. Per quanto concerne i vettori energetici, sono stati considerati i consumi energetici estratti dalle fatture del gestore elettrico e scalati in base alla produzione oraria della linea dedicata alla mangimistica. Inoltre, sono stati considerati i consumi di gasolio per la logistica e movimentazione interna delle materie prime e del prodotto. Tutti i valori sono stati quindi scalati sull'unità funzionale (FU), ovvero 1 tonnellata di Tricereal prodotto dall'azienda.

Tabella 1: Inventario del ciclo di vita (LCI), riporta, per ogni processo, il valore corrispondente ad una tonnellata di Tricereal.

Processo	Indice	Valore	Unità di misura
Trasporto in entrata (upstream)	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 1	221.93	tkm
	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 2	17.59	tkm
	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 3	0.81	tkm
	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 4	2.24	tkm
	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 5	1.30	tkm
	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Ingrediente 6	0.15	tkm
Trasporto in uscita (downstream)	Trasporto, freight lorry 7.5-16 EURO 5 Tricereal prodotto	383.01	tkm

(continua nella pagina seguente)

Tabella 1: (continua dalla pagina precedente)

Processo	Indice	Valore	Unità di misura
Movimentazione logistica interna	Building machine	3.93	kWh
Rifiuti prodotti dalla separazione meccanica (carta e cartone)	Paper (waste treatment)	-8.10	kg
Rifiuti prodotti dalla separazione meccanica (imballaggi plastici misti)	Mixed plastics (waste treatment)	-4.91	kg
Approvvigionamento energetico	Consumo energetico	9.24	kwh
Impatti associati al trattamento degli scarti alimentari attualmente gestiti come rifiuto (analisi di scenario)	Municipal waste inceneration facility	658.89	kg

2.7. Fase di analisi e valutazione degli impatti – LCIA (Life Cycle Impact Assessment)

L'analisi è stata condotta mediante il software SimaPro v. 9.3.0., ed utilizzando il database Ecoinvent® v3.8. Nella fase di classificazione, ogni processo è stato collegato a una o più categorie di impatto, mentre nella fase di caratterizzazione il contributo di ciascun processo alle categorie di impatto è calcolato moltiplicando i processi per un fattore di caratterizzazione (Guinée, 2001).

Nella presente analisi sono stati considerati due metodi di valutazione:

- CML-IA baseline v.3.01/EU25/, con riferimento specifico alle seguenti categorie di impatto (Abiotic depletion (AD), Global Warming Potenzial 100a (GWP) Acidification (AC), Ozone layer depletion (ODP), Eutrophication (EU).
- Cumulative Energy Demand (CED), comprendente la somma della domanda di energia fossile.

Lo studio ha accorpato e calcolato gli impatti derivanti dai 5 insiemi principali di processi: (1) “trasporti in entrata”, (2) “Produzione del Tricereal”, (3) “Trasporti in uscita” (4) “Gestione rifiuti imballaggi plastici” (5) “Gestione rifiuti carta/cartone”. Queste categorie sono state successivamente comparate con un'ulteriore categoria (6) “Impatti evitati” che considera i potenziali impatti associati allo smaltimento del 38.88% (risultato questionario), attualmente gestito dalle aziende come rifiuto ed inviato a incenerimento.

2.8. Risultati e loro interpretazione

Nella prima tabella sono espressi i valori puntuali del metabolismo per la produzione di 1 ton di mangime complementare, per tutti i 5 indicatori identificati (Tabella 2), per poi procedere a parametrare i risultati in termini percentuali (Figura 2).

Successivamente è stato valutato lo scenario di espansione dato dalla comparazione tra l'impatto complessivo del metabolismo della produzione del mangime complementare e gli impatti

dell'incenerimento degli ex prodotti alimentari gestiti come rifiuto (rapportati ai risultati del questionario) definendone quindi con la differenza, i potenziali impatti evitati (Figura 3).

Tabella 2: Valori puntuali applicati al metabolismo produttivo di n.1 ton di mangime complementare definiti per il set indicatori scelti

Categoria d'impatto	Unità	Trasporti in entrata	Trasporti in uscita	Produzione Tricereal	Gestione rifiuti imballaggi carta/cartone	Gestione rifiuti imballaggi plastici	Totale
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	625.87	982.35	18.61	63.62	299.91	1990.37
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	42.28	66.36	3.08	4.62	8.93	125.26
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2.96 10 ⁻⁶	4.64 10 ⁻⁶	1.83 10 ⁻⁷	4.02 10 ⁻⁷	-1.94 10 ⁻⁸	8.17 10 ⁻⁸
Acidification	kg SO2 eq	0.13	0.21	0.02	0.04	0.03	0.43
Eutrophication	kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0.03	0.05	0.00	0.01	0.00	0.10

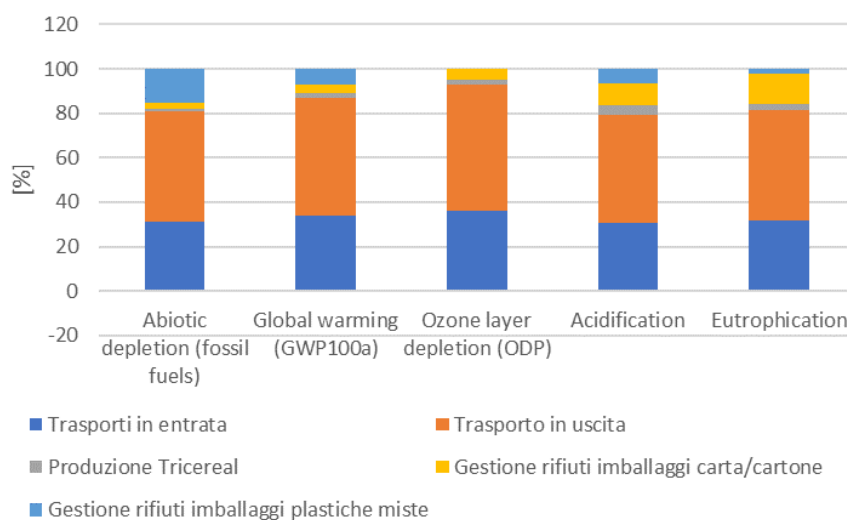


Figura 2 Categorie di impatto (CML-IA v.3.01) applicato al metabolismo produttivo di n.1 ton di mangime complementare comparati in termini percentuali.

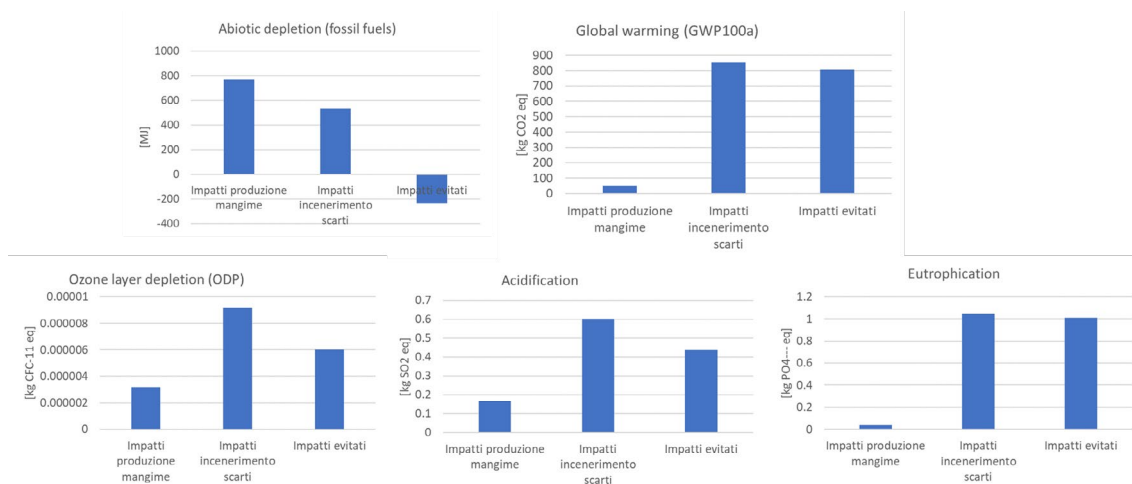


Figura 3 Scenario di espansione: quantificazione impatti della produzione del mangime complementare, impatti derivanti da incenerimento scarti e loro differenza espressa come impatto evitato

La comparazione tra il set di indicatori identifica che in termini quantitativi il macro processo legato alla filiera di downstream con la consegna presso il cliente sia maggiormente impattante, con valori compresi tra il 49 ed il 57% del totale, mentre per quanto concerne i processi derivanti dal riciclo dei rifiuti originati dalla produzione del mangime, il riciclo della carta risulta essere maggiormente impattante rispetto a quello delle plastiche per 3 indicatori EU, ODP, AC.

Considerando i valori puntuali legati agli impatti della produzione e gli impatti dell'incenerimento derivanti dalla gestione come rifiuto degli scarti alimentari ed esprimendo la loro differenza come impatti evitati si evince che in 4 indicatori su 5 il valore è positivo, fatta eccezione per AB nel quale l'incenerimento presenta un impatto più basso del 33% rispetto alla produzione del preparato per mangimi. Tuttavia, appare rilevante notare come le differenze in valore assoluto siano particolarmente marcate per gli indicatori che presentano un impatto evitato positivo, con un rapporto di 1:18 per GWP e di 1: 28 per EU.

A completamento dell'analisi, vengono proposti i risultati relativi al "Cumulative Energy Demand" che comprende la somma della domanda di energia fossile, nucleare, eolica, idroelettrica e solare utilizzata per la produzione di 1 ton di mangime complementare (Figura 4). In questo caso i risultati evidenziano per gli indicatori non-renewable, fossils e nuclear una situazione inversa con un maggior impatto legato al riciclo delle plastiche rispetto a quello della carta.

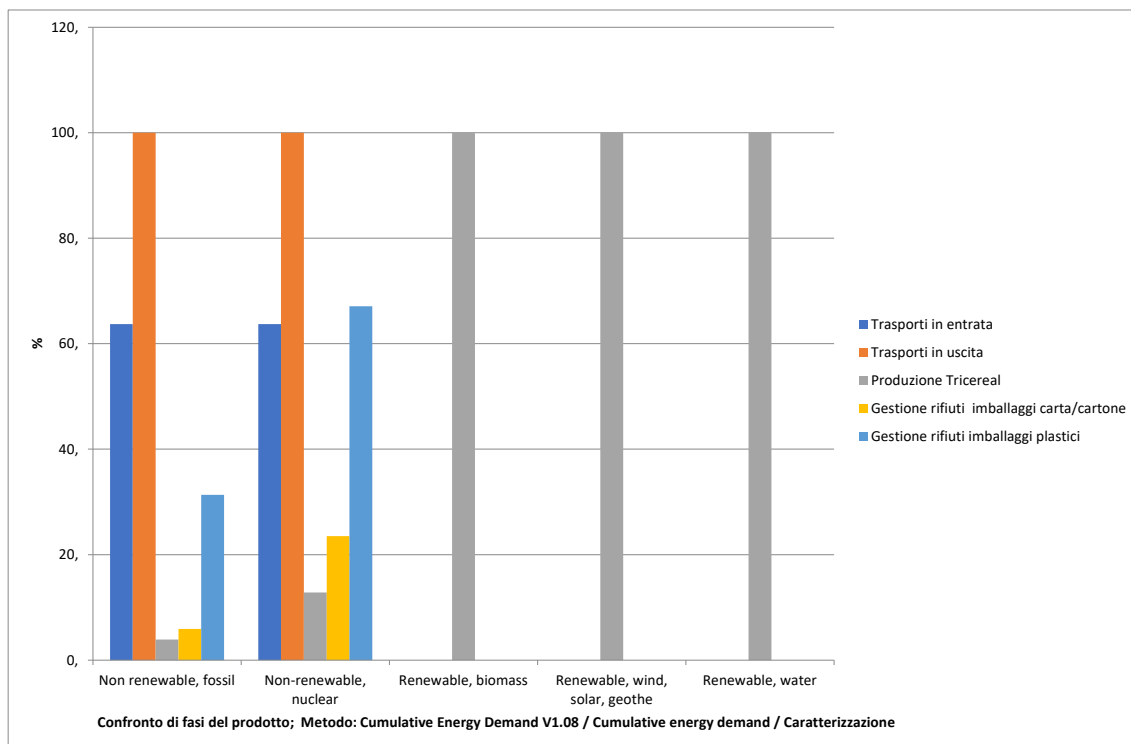


Figura 4 Set di indicatori (Energy demand) applicato alla produzione di n.1 ton di mangime complementare

3. Conclusioni

Attraverso un approccio di analisi LCA è stato possibile studiare le interazioni ambientali associate alla produzione di 1 Tonnellata di preparato per mangimi utilizzando come sorgenti di input prodotti di scarto dell'industria alimentare. Lo studio, che si è basato su un inventario di dati primari appositamente raccolti e relativo ad un anno di funzionamento dell'azienda, ha evidenziato come, rispetto a tutto il set di indicatori, le principali interazioni ambientali associate all'attività di recupero siano legate alle attività di trasporto, GWP100a 125.26 kg CO₂eq per ton di preparato prodotta. L'analisi di scenario realizzata prendendo in considerazione la frazione di scarti alimentari attualmente gestiti come rifiuto ed inviati ad incenerimento, ha riportato valori marcatamente inferiori per una trasformazione degli scarti alimentari in preparato per mangime, rispetto a quelli prodotti dall'attuale smaltimento, per quanto riguarda le categorie di impatto GWP ed EU, inferiori per ODP ed AC, e leggermente superiori per AD. In un'ottica di circular economy, sembrerebbe interessante poter estendere la presente analisi mediante un ulteriore confronto tra il set di indicatori prodotto e quello relativo alla produzione di ingredienti tradizionali per mangimi. Inoltre, la presente analisi potrà fornire una baseline utile per valutare successivi scenari di ottimizzazione della logistica.

4. Bibliografia

- Cadillo-Benalcazar, J.J., Renner, A., Giampietro, M., 2020. A multiscale integrated analysis of the factors characterizing the sustainability of food systems in Europe. *Journal of Environmental Management* 271, 110944.
- Garcia-Garcia, G., Woolley, E., Rahimifard, S., 2015. A framework for a more efficient approach to Food Waste management. *Int. J. Food Eng.* 1(1):65-72
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome, 2 luglio
- Lam, C.-M., Yu, I.K.M., Hsu, S.-C., Tsang, D.C.W. 2018. Life-cycle assessment on Food Waste valorisation to value-added products. *Journal of Cleaner Production* 199:840-848
- Mosna, D., Vignali, G., Bottani, E., Montanari, R. 2016. Life Cycle Assessment of a New Feed Production Obtained by Wasted Flour Food Collected from the Distribution and Retail Phases. *International Journal of Food Engineering* 12(9):807–825
- Prandini A, Morlacchini M, Cerioli C, Piva G. 2007 Derivati della lavorazione di prodotti da forno nella razione di suini pesanti. *Suinicoltura*. Vol.5 81-86
- Segrè, A., Azzurro, P., 2016. Spreco alimentare: dal recupero alla prevenzione. Indirizzi applicativi della legge per la limitazione degli sprechi. Fondazione Giangiacomo Feltrinelli, 80 pp.
- Santagata, R., Ripa, M., Genovese, A., Ulgiati, S., 2021. Food waste recovery pathways: Challenges and opportunities for an emerging bio-based circular economy. A systematic review and an assessment. *Journal of Cleaner Production*. *Journal of Cleaner Production* 286, 125490.
- Setti, M, Falasconi, L, Segrè, A, Cusano, I, Vittuari, M, 2016. Italian consumer's income and food waste behaviour. *British Food Journal* 118(7):1731-1746
- Vandermeersch T, Alvarenga RAF, Ragaert P, Dewulf J. 2014. Environmental sustainability assessment of Food Waste valorization options. Vol.87 57-64