

# AGROALIMENTARE

Studio LCA della filiera del latte crudo  
vaccino del Nord Italia





# AGROALIMENTARE

## Studio LCA della filiera del latte crudo vaccino del Nord Italia

### Autori:

Valentina Fantin <sup>(1)</sup>, Sara Cortesi <sup>(1)</sup>, Flavia Frisone <sup>(1)</sup>, Anna Sandrucci <sup>(2)</sup>, Alberto Tamburini <sup>(2)</sup>,  
Luciana Bava <sup>(2)</sup>, Maddalena Zucali <sup>(2)</sup>, Giulia Gislou <sup>(2)</sup>

### Revisione critica:

Giuliana Ansanelli <sup>(1)</sup>, Gabriella Fiorentino <sup>(1)</sup>, Amalia Zucaro <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> ENEA - Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali, <sup>(2)</sup> Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia

Data di redazione: Ottobre 2023

Data di pubblicazione: Giugno 2025

## Sommario

1	Sintesi.....	7
2	Scopo del documento.....	8
3	Descrizione della filiera.....	8
3.1	Prodotti rappresentativi della filiera nazionale .....	10
3.1.1	Latti Tradizionali.....	11
3.1.2	Latti modificati .....	12
3.2	Impatto socio-economico della filiera.....	13
3.3	Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità.....	14
3.3.1	Politiche legate alla qualità nel settore agro alimentare.....	16
	Marchi di qualità per la filiera del latte.....	18
3.3.2	Etichette e certificazioni ambientali di prodotto.....	20
4	Studio di filiera del latte crudo vaccino .....	21
4.1	Gruppo di lavoro .....	21
4.2	Ambito di applicazione dello studio .....	22
4.2.1	Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento.....	22
4.2.2	Confini del sistema.....	23
4.2.3	Assunzioni e giudizi di valore .....	24
4.2.4	Gestione della multifunzionalità.....	25
4.2.5	Revisione critica .....	25
4.2.6	Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti.....	26
4.3	Modellazione dei dataset della filiera .....	26
4.4	Analisi di inventario.....	26
4.4.1	Assunzioni utilizzate nello studio.....	27
4.4.2	Descrizione e documentazione processi unitari .....	27
4.4.3	Sviluppo dei dataset.....	35
4.5	Valutazione degli impatti ambientali .....	36
4.5.1	Caratterizzazione.....	36
4.5.2	Normalizzazione .....	37
4.5.3	Pesatura .....	38
4.5.4	Analisi di sensibilità.....	38

4.5.4.1	Quantità di agrofarmaci utilizzata dalle aziende agrozootecniche e relative emissioni dirette in campo.....	38
4.5.4.2	Mangimi acquistati e mangimi complementari.....	41
4.6	Interpretazione dei risultati .....	44
4.6.1	Categorie di impatto rilevanti .....	44
4.6.2	Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti .....	45
4.6.3	Flussi elementari rilevanti.....	48
4.7	Conclusioni .....	49
5	Bibliografia.....	50

## Lista delle Figure

Figura 1. Filiera del latte crudo (Fonte: Elaborazione ENEA).....	10
Figura 2. Tipi di latte alimentare in commercio (Fonte: Elaborazione ENEA da Water and Food Security, 2015) .....	11
Figura 3. Logo IGP - Logo DOP (Fonte: <a href="https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it">https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it</a> ).....	17
Figura 4. Logo STG (Fonte: <a href="https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it">https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it</a> ) .....	17
Figura 5. Logo Prodotto di montagna (Fonte: <a href="https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11687">https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11687</a> ) .....	18
Figura 6. Logo del Latte Biologico (Bio) (Fonte: <a href="https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-logo_it">https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-logo_it</a> ).....	19
Figura 7. Marchio regionale QM - qualità garantita dalle Marche (Fonte: <a href="https://www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/Marchio-QM">https://www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/Marchio-QM</a> ).....	20
Figura 8. Confini del sistema del processo di produzione del latte crudo vaccino medio rappresentativo della filiera del latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia, destinato a successive lavorazioni e trasformazioni (Fonte: Elaborazione ENEA) .....	24
Figura 9. Categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte vaccino crudo nel Nord Italia – Normalizzazione (Fonte: Elaborazione ENEA) .....	45
Figura 10. Categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte vaccino crudo nel Nord Italia – Pesatura (Fonte: Elaborazione ENEA) .....	45
Figura 11. Contributi percentuali alle categorie di impatto più rilevanti dei vari processi per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino nel Nord Italia (Fonte: Elaborazione ENEA).....	48

## Lista delle Tabelle

Tabella 1. Classifica per fatturato delle principali aziende dell’Industria Lattiero-casearia nel 2021 (Fonte: Il Giorno, 2023).....	14
Tabella 2. Gruppo di lavoro per lo studio di filiera del latte crudo vaccino .....	21
Tabella 3. Unità funzionale del latte crudo vaccino.....	22
Tabella 4. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino .....	30
Tabella 5. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e “Allevamento e mungitura” .....	36
Tabella 6. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e “Allevamento e mungitura” .....	37
Tabella 7. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e “Allevamento e mungitura” .....	38

Tabella 8. Quantità di agrofarmaci utilizzata in input nell'analisi di sensitività, riferita a 1 kg di latte prodotto, ed emissioni in aria, acqua e suolo derivanti dall'utilizzo degli agrofarmaci in campo, riferiti a 1 kg di latte prodotto (Scenario B) .....	39
Tabella 9. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario alternativo B.....	40
Tabella 10. Alimenti e relativo processo in input, dataset utilizzato nello Scenario base (A) e nello Scenario alternativo (C).....	42
Tabella 11. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario alternativo C.....	43
Tabella 12. Contributi percentuali alle categorie di impatto più rilevanti dei vari processi per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia .....	47

## Lista degli Acronimi

<b>DOP</b>	Denominazione di Origine Protetta
<b>ESL</b>	Extended Shelf-Life
<b>HD</b>	High Digestibility
<b>HORECA</b>	Hotellerie-Restaurant-Café
<b>IGP</b>	Indicazione Geografica Protetta
<b>ISMEA</b>	Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare
<b>MIPAAF</b>	Ministero delle politiche Agricole Alimentari e Forestali
<b>NFI</b>	Nutrition Foundation of Italy
<b>ORSA</b>	Osservatorio Regionale Sicurezza Alimentare
<b>OMS</b>	Organizzazione mondiale della sanità
<b>STG</b>	Specialità Tradizionali Garantite
<b>UHT</b>	Ultra High Temperature

## 1 Sintesi

Questo report presenta i risultati di uno specifico studio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment-LCA) applicato alla filiera del latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia, ed in particolare ad 1 kg di latte crudo vaccino prodotto presso le aziende agrozootecniche, senza successivi trattamenti o trasformazioni. Il latte crudo vaccino può essere utilizzato nel settore lattiero-caseario per successive lavorazioni e trasformazioni, per ottenere varie tipologie di prodotti (es. latte da bere, burro, yogurt, formaggi, ecc.).

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio “from cradle-to-gate”, ovvero considerando tutti i processi fino al “cancello dell’azienda agrozootecnica”, senza includere il trattamento e la lavorazione del latte crudo per la sua trasformazione in altri prodotti lattiero-caseari, la distribuzione del prodotto ai successivi trasformatori (es. caseifici, centrali del latte), e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuale bollitura presso il consumatore e il processo di smaltimento del latte non utilizzato o non conforme alle norme igieniche).

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso a dati primari disponibili a livello di filiera, estratti ed elaborati da un insieme di dati messi a disposizione dall’Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia. L’insieme di dati è stato raccolto dal gruppo dell’Università di Milano presso aziende del settore durante i progetti LIFE Forage4climate e LIFE DOP e sono riferiti alla produzione di latte crudo vaccino per l’anno 2019, rappresentativi della filiera media del Nord Italia di questa tipologia di latte e delle tecnologie (tipologie di strutture, razioni degli animali, macchinari, attrezzature, ecc.) in essa impiegate.

I dati utilizzati sono stati raccolti presso 98 aziende agrozootecniche della Lombardia, situate nelle province di Como, Lecco, Milano, Pavia, Lodi, Sondrio e Mantova (5 aziende del progetto LIFE Forage4climate e 93 aziende del progetto LIFE DOP).

L’unità funzionale è 1 kg di latte crudo vaccino, prodotto intermedio destinato a essere trattato e lavorato per ottenere altri prodotti della filiera lattiero-casearia. Il contenuto medio di grasso nel latte è pari al 3,8%, mentre il contenuto medio di proteine è pari al 3,4%.

I risultati della categoria di impatto ambientale Climate change sono pari ad un totale di 1,76 kg CO<sub>2</sub> eq. / kg di latte crudo vaccino, di cui 0,16 kg CO<sub>2</sub> eq. associati alla produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti dalle aziende agrozootecniche, e i restanti 1,60 kg CO<sub>2</sub> eq. associati all’allevamento dei bovini da latte (compreso l’acquisto dei mangimi e integratori) e alla loro mungitura.

L’energia usata in stalla, la produzione degli alimenti acquistati, le emissioni dirette dovute all’uso di fertilizzanti e agrofarmaci per l’autoproduzione di alimenti zootecnici e le emissioni prodotte dalla fermentazione enterica degli animali e delle deiezioni, sono preponderanti in tutte le categorie di impatto significative. In letteratura esistono molti studi LCA di prodotti analoghi al latte crudo vaccino analizzato in questo report, e, dalla loro analisi, si può affermare che i risultati ottenuti mostrano lo stesso ordine di grandezza di quelli presenti in letteratura.

## 2 Scopo del documento

Il seguente rapporto è stato realizzato all'interno del progetto Arcadia - approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA, finanziato dal PON Governance e Capacità Istituzionali 2014-2020, come output dell'Azione 5 "Analisi e raccolta dati per la costituzione della banca dati".

Questo rapporto rientra nella sotto-azione A5.3 "raccolta dati prodotto/servizio lungo il ciclo di vita ed elaborazione dei documenti" e rappresenta lo studio LCA della filiera del latte crudo vaccino.

## 3 Descrizione della filiera

Secondo il Reg. (UE) 1308/2013 (Commissione Europea, 2013), il latte è esclusivamente il prodotto della secrezione mammaria normale, ottenuto mediante una o più mungiture, senza alcuna aggiunta o sottrazione. In particolare, lo stesso regolamento definisce "latte crudo" quel latte che non è stato sottoposto ad una temperatura superiore a 40°C né ad un trattamento avente un effetto equivalente, ovvero non è stato pastorizzato e quindi non ha subito il trattamento normalmente utilizzato per uccidere batteri pericolosi, virus o parassiti potenzialmente presenti nel latte (ad esempio quelli della tubercolosi). Il latte in genere vaccino, ma anche di pecora, capra o altri mammiferi si presenta come un liquido uniforme, bianco e torbido ed è costituito per l'87% da acqua, il restante 13% viene definito residuo secco e si compone in media del 4,8% di zuccheri, del 3,9% di grassi e del 3,4% di proteine (NFI, 2017). La filiera del latte è lunga e complessa, costituita da numerosi passaggi che richiedono elevati standard qualitativi per assicurare la buona riuscita del prodotto finale che possono essere riassunti in tre fasi (Figura 1).

La **prima fase** inizia con l'allevamento, dove animali di varie specie (prevalentemente bovini, ovini, capre e bufali) sono appositamente selezionati, nutriti e controllati per la produzione di tale alimento. L'allevamento è strutturabile in due tipologie di stabulazione principali: libera o fissa. Nella stabulazione libera gli animali hanno la possibilità di muoversi liberamente all'interno della stalla, che tendenzialmente è divisa in tre zone: la prima dedicata all'alimentazione, dove sono presenti le mangiatoie; la seconda, non sempre presente, dedicata al movimento in aree di esercizio (o paddock) la cui funzione fondamentale è quella di fornire agli animali un habitat di stabulazione alternativo a quello delle aree coperte nella stalla, grazie alle quali ciascun animale può usufruire appieno degli effetti benefici del libero movimento; la terza dedicata al riposo, dove sono presenti le cuccette o una lettiera permanente. Nelle stalle a stabulazione libera può essere presente una sala mungitura, separata dal resto dell'allevamento per garantire una maggiore igiene, dove avvengono la mungitura meccanica degli animali e lo stoccaggio del latte. La mungitura meccanica sostituisce la mungitura manuale, utilizzata solo nelle piccole realtà tradizionali. In alcune stalle a stabulazione libera la mungitura è automatizzata con l'impiego di robot di mungitura collocati all'interno delle aree di stabulazione degli animali (Ruminantia, 2016). Una volta munto, il latte viene filtrato (per eliminare le impurità più grossolane) e convogliato in cisterne refrigerate dove viene immediatamente raffreddato a una temperatura non superiore a 8°C, in caso di raccolta

giornaliera, e non superiore a 6°C, qualora la raccolta non sia effettuata giornalmente (Orsa, 2010). In aree territoriali dove esistono numerosi allevamenti bovini possono essere presenti dei centri di raccolta, ovvero degli stabilimenti in cui il latte crudo prodotto può essere raccolto ed eventualmente raffreddato e filtrato, svolgendo la funzione di “temporaneo deposito”, prima che il latte arrivi ai centri di trasformazione. Gli allevamenti sono sottoposti costantemente a controlli da parte dei Servizi Veterinari delle Aziende Sanitarie Locali che verificano la provenienza e la documentazione sanitaria dei capi e lo stato di salute del bestiame in quanto ogni azienda che contribuisce alla produzione del latte deve rispettare i requisiti strutturali e igienici stabiliti dalla legge in modo da evitare possibili contaminazioni in grado di compromettere la salubrità del prodotto (Condoleo e Zottola, 2011).

La **seconda fase** della filiera è rappresentata dal trasporto del latte dalle zone di produzione a quelle di trasformazione. I trasportatori, mediante autocisterne adeguatamente attrezzate, che mantengono il latte a temperatura di refrigerazione, trasportano il latte dalle aziende produttrici o dai centri di raccolta ai centri di trasformazione. Tale fase è fondamentale per la rintracciabilità del prodotto. Infatti, colui che riceve il latte deve conoscerne la provenienza in modo da poter individuare in qualsiasi momento i prodotti da esso derivati e intraprendere azioni correttive nell’eventualità di problematiche di tipo sanitario (Condoleo e Zottola, 2011).

La **terza fase** della catena consiste nella trasformazione del latte crudo. Durante questa fase risulta di fondamentale importanza mantenere la catena del freddo: la temperatura del latte non deve superare i 10°C (Orsa, 2010). Gli stabilimenti si possono distinguere in base alle operazioni tecnologiche che questi effettuano sulle materie prime: i *centri di raccolta*, ad esempio, sono impianti che si limitano a filtrare il latte proveniente da più allevamenti e conservarlo fino al momento del trasporto ad altri stabilimenti di trasformazione; gli *stabilimenti per il trattamento termico* sono impianti in cui il latte viene sottoposto all’azione del calore allo scopo di eliminare eventuali germi dannosi e prolungarne la conservabilità (es. centrali del latte); gli *stabilimenti di trasformazione* sono degli stabilimenti in cui il latte viene lavorato per ottenere i suoi prodotti derivati quali il formaggio, il burro, lo yogurt, la ricotta, ecc. (es. caseifici). Ogni stabilimento è riconosciuto dall’autorità competente e risponde a precisi requisiti strutturali e sanitari sanciti dalla normativa europea (Condoleo e Zottola, 2011).

Successivamente il latte e i suoi derivati possono seguire tre vie:

- industria dei gelati, industria dolciaria o industria mangimistica, per essere usati come materia prima per ulteriori trasformazioni;
- export;
- grossisti, agenti o altri intermediari che li immettono sul mercato.

L’immissione può avvenire sul mercato estero attraverso l’export, o nel mercato interno, tramite retail, ovvero la vendita al dettaglio, o nel circuito Horeca, ovvero Hotellerie-Restaurant-Café (o Catering), quindi la vendita al settore dell’industria alberghiera.

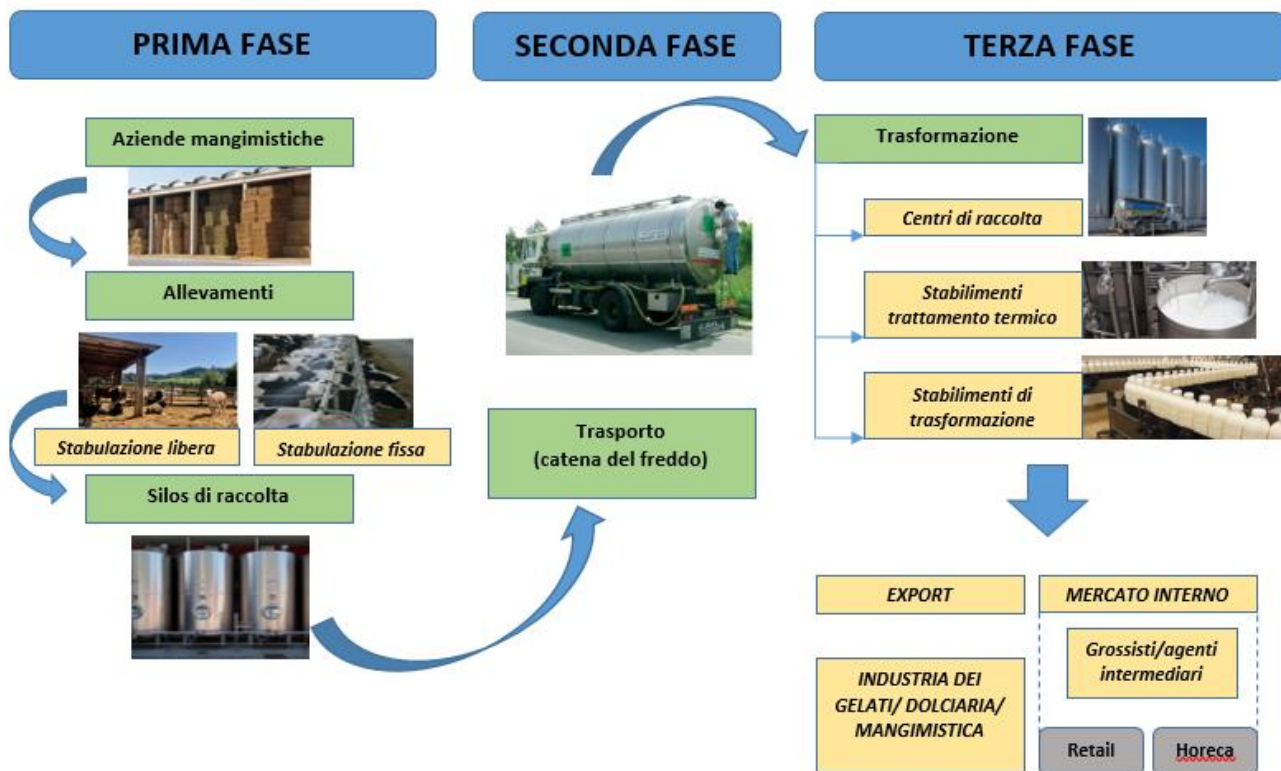


Figura 1. Filiera del latte crudo (Fonte: Elaborazione ENEA)

### 3.1 Prodotti rappresentativi della filiera nazionale

Il codice ATECO di riferimento per le aziende che producono questo prodotto è 01.41.00 - *Allevamento di bovini e bufale da latte, produzione di latte crudo* e al suo interno sono contenute le seguenti attività:

- allevamento e riproduzione di bovini e bufale da latte;
- produzione di latte crudo di vacca o bufala;
- produzioni lattiero-casearie da latte di vacca o bufale prevalentemente di produzione propria.

Da un punto di *vista merceologico*, si possono distinguere due grandi categorie di latte (Figura 2):

- **latte tradizionali**, le cui possibili modifiche riguardano solo il tenore in grasso;
- **latte modificati**, che subiscono modifiche sostanziali della loro composizione (aggiunte di ingredienti o sottrazione di componenti) (Water and Food Security, 2015).

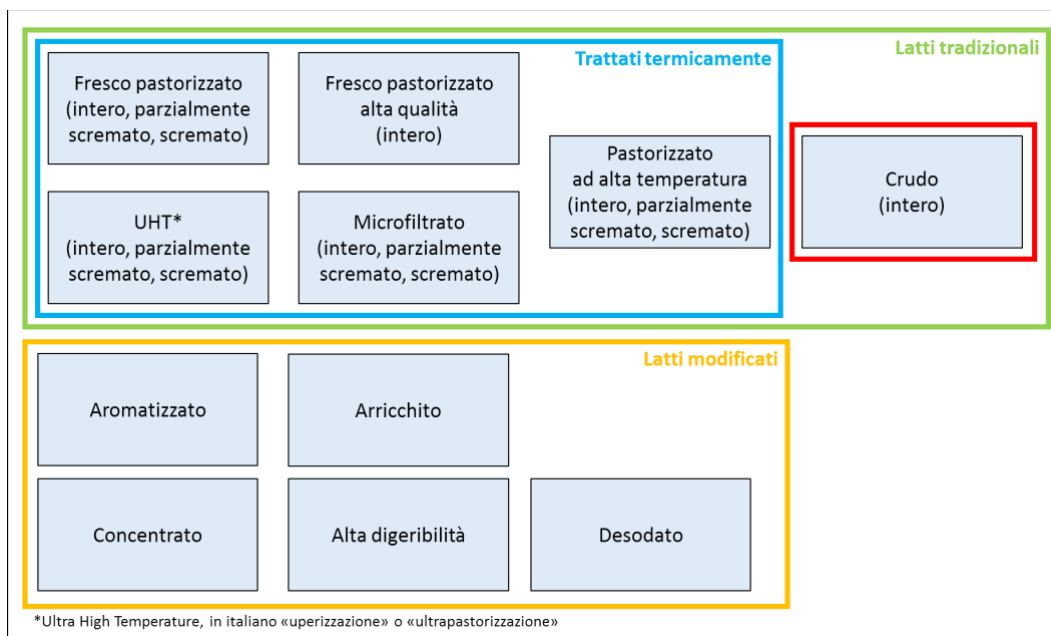


Figura 2. Tipi di latte alimentare in commercio (Fonte: Elaborazione ENEA da Water and Food Security, 2015)

### 3.1.1 Latti Tradizionali

Il latte tradizionale presente in commercio, come si può evincere dalla Figura 2, assume diverse denominazioni e classificazioni sia in base alla quantità di grasso presente che in base al tipo di trattamento termico a cui viene sottoposto.

Sulla base della quantità di grasso, il latte tradizionale si può dividere nelle seguenti tipologie:

- latte intero, quando il tenore in grassi è di almeno il 3,5%;
- latte parzialmente scremato, quando il tenore in grassi è compreso tra 1,5% e 1,8%;
- latte scremato, quando il tenore in grassi è inferiore allo 0,5%.

Secondo il Reg. (UE) 1308/2013 (Commissione Europea, 2013), nel latte in cui il tenore in materia grassa non corrisponde ai requisiti sopracitati, è necessario specificare questo sulla confezione mediante l'apposita dicitura: “% di materia grassa”.

In base alla tipologia di *trattamento termico*, i prodotti si distinguono come di seguito riportato:

**Latte crudo:** tipologia di latte che subisce meno trattamenti, consentendogli di mantenere inalterate le sue caratteristiche organolettiche e nutritive. Infatti, esso può essere definito tale solo quando non viene sottoposto a temperatura superiore ai 40°C, né a trattamenti aventi effetti equivalenti. Questo prodotto tendenzialmente è venduto in distributori alla spina o direttamente in stalla e prima del consumo va effettuata la bollitura.

**Latte pastorizzato:** latte crudo esposto ad una temperatura media di 72°C per 15 secondi, o combinazione equivalente (in termini di temperatura e tempo). A seconda della tipologia di pastorizzazione che varia in termini di temperatura e durata del trattamento termico, si possono a sua volta distinguere le seguenti tipologie di latte presenti in commercio:

- **Latte fresco pastorizzato:** latte crudo sottoposto ad una temperatura media di 72°C per 15 secondi, entro 48 ore dalla mungitura, con un contenuto di sieroproteine solubili non denaturate non inferiore al 14% rispetto al totale delle proteine, si conserva fino a sei giorni, escluso quello del trattamento termico;

- **Latte fresco pastorizzato “Alta Qualità”**: latte crudo sottoposto ad una temperatura media di 72 °C per 15-18 secondi, entro 48 ore dalla mungitura, con tenore di grasso non inferiore a 3,5% e di proteine non inferiore a 3,2% e contenuto di sieroproteine solubili non denaturate non inferiore al 15,5% rispetto al totale delle proteine, e durabilità non superiore a sei giorni;
- **Latte pastorizzato microfiltrato**: è un prodotto che prima della pastorizzazione subisce un trattamento di microfiltrazione, ovvero la rimozione fisica delle cellule batteriche tramite membrane con pori microscopici. Si conserva fino a 15-18 giorni in frigorifero;
- **Latte pastorizzato a temperature elevate e ESL (Extended Shelf-Life)**: trattato con procedimenti che vanno da 90°C per 30–60 secondi a 128°C per 4 secondi; si conserva fino a 15-18 giorni in frigorifero. Sulle confezioni deve essere indicata la dicitura “pastorizzazione ad alte temperature”;
- **Latte a lunga conservazione o UHT (Ultra High Temperature)**, che ha subito trattamenti termici continui a temperature di 131°C-150°C per 1-15 secondi, seguiti da confezionamento asettico. Si conserva per almeno 3 mesi a temperatura ambiente (NFI, 2017 e Water and Food Security, 2015).

### 3.1.2 Latti modificati

Negli ultimi anni si è diffuso sul mercato il latte modificato, che comprende varie tipologie di prodotti con caratteristiche specifiche destinate ad una gamma molto varia di consumatori per soddisfare le più svariate esigenze. Le principali tipologie di latti modificati presenti in commercio sono:

- **Latte “Alta digeribilità” (HD – High Digestibility)**: latte delattosato destinato a persone intolleranti al lattosio, il latte senza lattosio può essere prodotto sia nella tipologia intero, che parzialmente scremato, che scremato;
- **Latte desodato**: a ridotto tenore di sodio per coloro che seguono diete iposodiche, si ottiene facendo transitare il latte in appositi macchinari in grado di rimuovere il sodio presente all’interno;
- **Latte arricchito**: con aggiunta di vitamine, calcio, ferro e/o altri sali minerali, proteine, acidi grassi, fibre, fermenti lattici vivi. Questa categoria è abbastanza variegata perché il latte può essere arricchito con diversi elementi per rispondere a determinate esigenze del consumatore. Uno dei primi immessi sul mercato è stato il latte con aggiunta di *omega 3*, un’altra tipologia di *latte arricchito* è quello vitaminizzato rivolto ai consumatori più anziani o ai bambini. Rientrano tra i latti arricchiti anche il *latte con fibre* e i *latti con fermenti lattici vivi* detti anche *probiotici*. Secondo l’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), per probiotico si intendono i microrganismi vivi che, ingeriti in adeguate quantità, sono in grado di esercitare funzioni benefiche per l’organismo. Il latte rientrante in questa categoria, per effetto dei fermenti lattici, è latte fermentato, i principali sono: lo yogurt, il latte cagliato, il buttermilk (residuo del processo di produzione del burro), il kefir, lo Yakult di origine giapponese ma oggi diffuso anche in Europa (Assolatte, 2019);

- **Latte aromatizzato:** addizionato con aromi naturali e non (es., cacao, caffè, frutta, vaniglia); spesso, oltre all'aggiunta dell'aroma, viene effettuato un adeguato bilanciamento degli ingredienti che li rende interessanti dal punto di vista nutrizionale per un apporto equilibrato di proteine, zuccheri e grassi. Tali prodotti sono destinati in maggior misura al consumo da parte di bambini;
- **Latte concentrato:** ottenuto per eliminazione parziale dell'acqua ed eventualmente addizionato di zucchero e crema di latte;
- **Latte in polvere:** prodotto per eliminazione pressoché totale dell'acqua.

### 3.2 Impatto socio-economico della filiera

La filiera lattiero-casearia coinvolge un grande numero di attori e ha un peso rilevante sia sull'agricoltura che sull'industria italiana: il valore economico della fase agricola nel 2021 è stato di circa 4,9 miliardi di euro, ovvero circa il 9% del valore generato dall'agricoltura nel suo complesso (+3% rispetto al 2020), mentre la fase di trasformazione detiene il primato nell'ambito dell'industria agroalimentare nazionale con un fatturato pari a 16,7 miliardi di euro (+2% rispetto al 2020) e ha rappresentato poco meno dell'11% del fatturato dell'industria alimentare (ISMEA, 2022).

I dati forniti dall'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA, 2022) attestano che nel 2021 erano presenti in Italia 25.370 allevamenti ad orientamento produttivo. Negli ultimi dieci anni il numero di allevamenti di bovini da latte si è ridotto di quasi 11 mila unità, a un ritmo medio annuo del 3%, e il latte raccolto o acquistato direttamente presso gli allevatori e i produttori di latte in Italia ammontava a più di 13 milioni di tonnellate, in costante aumento rispetto agli anni precedenti e con un aumento di circa il 9% rispetto al 2016. La produzione industriale del latte è particolarmente concentrata nel Nord: quattro regioni (Lombardia, con una produzione del 45,1% del totale nazionale), seguita da Emilia-Romagna (16%), Veneto (9,3%) e Piemonte (9,1%), rappresentano quasi l'80% del latte vaccino complessivamente consegnato in Italia, ma per quanto riguarda i formaggi si evidenzia anche il contributo non trascurabile del Mezzogiorno, in particolare per il segmento dei freschi. Quasi il 50% della quantità di latte vaccino consegnato nel 2021 è stato destinato a prodotti di formaggi DOP (Denominazione di Origine Protetta) – IGP (Indicazione Geografica Protetta) (ISMEA, 2022). Secondo i dati raccolti dalla Regione Lombardia, negli ultimi anni si assiste ad un aumento della concentrazione della produzione di latte italiano in Lombardia, dove hanno sede quasi il 18% delle aziende italiane che producono latte di vacca. Gli allevamenti lombardi hanno sede principalmente nelle province di Brescia (28,4%), Mantova (18,1%), Cremona (14,3%) e Bergamo (14,1%) (Regione Lombardia, 2020).

Il comparto dei formaggi DOP e IGP è il più rilevante in termini economici fra i prodotti nazionali a indicazione geografica, con 4,18 miliardi di euro alla produzione e 7,58 miliardi al consumo, ed una produzione complessiva di 568.000 tonnellate. Grana Padano DOP e Parmigiano Reggiano DOP sono i primi due prodotti DOP per valore della produzione in Italia, con rispettivamente 1.364 milioni di euro e 1.285 milioni di euro nel 2020 (Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare, 2022).

L'Italia si è confermata anche nel 2021 il 3° esportatore mondiale di formaggi e latticini, preceduta da Germania e Paesi Bassi con un valore di quasi 3,6 miliardi di euro (+12,3% rispetto al 2020). Nel 2021, tale settore ha esportato prodotti per un valore di 4.094 milioni di euro, che coprono il 7,9% dell'export italiano per il settore agroalimentare.

Francia e Germania si confermano i primi due mercati di destinazione dei formaggi italiani, assorbendo complessivamente il 37% dei volumi esportati e per gli Stati Uniti, a fronte della performance negativa del 2020 da attribuire quasi esclusivamente alle difficoltà connesse all'emergenza Covid, si è riscontrato un forte recupero nel 2021 (+20% in volume). Soltanto nel Regno Unito si è riscontrato un calo di esportazione rispetto al 2020 (-4,5% in volume), probabilmente dovuto al progressivo consolidamento della Brexit.

Nel primo semestre 2022, l'import di latte sfuso (latte in cisterna) è risultato ancora in calo (-37%, pari a oltre 360 mila tonnellate in meno) grazie sia all'aumento della produzione interna che alla ridotta disponibilità da parte dei principali fornitori dell'Unione Europea. In particolare, la Slovenia è divenuto il primo fornitore dell'Italia di latte sfuso a discapito della Germania, alle prese con una minore disponibilità di latte e prezzi meno competitivi. Si riscontra un andamento diverso per le importazioni di formaggi e latticini, che nel primo semestre del 2022 sono risultati in aumento (+16,4% in volume e +36,6% in valore). Nel complesso, nel 2021 si è riscontrato un saldo positivo, grazie all'aumento delle esportazioni e una minore crescita delle importazioni rispetto all'anno precedente (+6% in valore) (ISMEA, 2022).

I dati dell'Istat del 2023 riportano che nel 2020 l'industria lattiero-casearia occupava 45.335 addetti in 2.929 aziende, con un numero medio di 15,5 occupati per azienda (ISTAT, 2023). Grazie a un patrimonio di vacche da latte (bovine di oltre 24 mesi) di più di 1,5 milioni di capi, le consegne di latte vaccino in Italia hanno superato i 13 milioni di tonnellate nel 2021 (+9% rispetto a cinque anni precedenti).

Secondo i dati del quotidiano "Il Giorno" (Il Giorno, 2023), che ha pubblicato dati economici relativi alle aziende del territorio nazionale con un fatturato superiore ai 10 milioni di euro riferiti all'anno 2021, le prime cinque aziende per fatturato per il settore dell'industria lattiero-casearia italiana e i relativi numeri di addetti impiegati sono quelle indicate in Tabella 1.

Tabella 1. Classifica per fatturato delle principali aziende dell'Industria Lattiero-casearia nel 2021 (Fonte: Il Giorno, 2023)

Aziende	Fatturato 2021 (M€)	Produzione 2021 (M€)	N addetti	Città
<b>GRANAROLO S.P.A.</b>	927,8	931,8	1.292	BO
<b>EGIDIO GALBANI S.R.L</b>	922,1	928,1	1.476	MI
<b>PARMALAT S.P.A</b>	898,9	926,4	1.591	MI
<b>ZANETTI S.P.A</b>	550,1	547,1	482	BG
<b>COLLA S.P.A</b>	423,2	451,8	322	PC

### 3.3 Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità

Il settore agroalimentare europeo causa il 17% delle emissioni dirette di gas serra e il 28% dell'uso delle risorse naturali (Commissione Europea, 2011). In particolare, il settore zootecnico è responsabile del 12% delle emissioni di gas serra (GHG) a livello europeo (Havlík et al., 2014). L'allevamento di bovini da latte contribuisce per il 19% delle emissioni di tutto il settore

zootecnico. A pesare di più sono le fermentazioni enteriche derivanti dal processo digestivo dei ruminanti e la decomposizione del letame, che rappresentano, rispettivamente, il 46% e il 9% dei gas serra emessi, seguite dalla produzione dei mangimi, che contribuiscono al 36% delle emissioni totali, dalla lavorazione e trasporto del latte (6%) e dall'energia consumata in stalla (2%) (Gerber et al., 2013). Inoltre, i sistemi di produzione zootecnica possono condurre ad acidificazione ed eutrofizzazione del suolo, dell'acqua e dell'aria (Bacenetti et al., 2016), a cui si aggiunge l'uso del suolo dovuto a un elevato utilizzo di mangimi e concentrati (Bava et al., 2014; Stanley et al., 2018), l'esaurimento delle risorse idriche, l'ecotossicità delle acque dolci (Fantin et al., 2012a).

Il metodo standardizzato di Life Cycle Assessment (LCA - Analisi del Ciclo di Vita) (UNI EN ISO, 2021a; UNI EN ISO, 2021b) è riconosciuto a livello internazionale come uno strumento strategico ed efficace per le valutazioni di sostenibilità ambientale, in quanto supporta le imprese della catena produttiva sia nella valutazione dei potenziali impatti ambientali che si verificano nell'intero ciclo di vita, che nell'identificazione di possibili soluzioni di mitigazione (Fantin et al., 2012b).

Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi strumenti basati sia su un approccio di ciclo di vita che più propriamente sul metodo LCA, che hanno l'obiettivo di supportare le imprese, comprese quelle del settore agroalimentare, verso una maggiore sostenibilità ambientale. Tra i più importanti si possono citare le etichette ambientali di prodotto, tra le quali la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration - EPD), una certificazione volontaria basata sul metodo LCA e sottoposta a verifica di parte terza, che ha l'obiettivo di comunicare le prestazioni ambientali di un prodotto/processo/servizio nel suo ciclo di vita e può essere rivolta sia al consumatore finale che a quello intermedio, in ottica B2B. Uno dei programmi maggiormente diffusi a livello internazionale è l'International EPD System ([www.environdec.com](http://www.environdec.com)), che conta ad oggi 105 EPD di prodotti agroalimentari italiani. Per poter sviluppare una EPD di prodotto, è necessario eseguire lo studio LCA secondo i requisiti metodologici contenuti nelle Regole di Categoria di Prodotto (Product Category Rules – PCR). Per quanto riguarda i prodotti agroalimentari, sono disponibili nel sistema EPD dell'International EPD System 32 PCR, tra cui quelle per il latte crudo e il latte lavorato (es. latte pastorizzato).

Nel 2013, con la Raccomandazione 2013/17/CE la Commissione Europea ha sviluppato il metodo Product Environmental Footprint (PEF) per il calcolo e la comunicazione dell'impronta ambientale dei prodotti, con lo scopo di migliorare la comparabilità, la riproducibilità, la coerenza, la robustezza dei risultati relativi alle prestazioni ambientali dei prodotti nel loro ciclo di vita. Il metodo PEF è basato principalmente sulle norme ISO per l'LCA e permette di calcolare gli impatti ambientali di un prodotto lungo il suo ciclo di vita attraverso una serie di indicatori ambientali (es. riscaldamento globale, acidificazione, uso delle risorse, ecc.). Oltre ai requisiti generali della PEF, sono stati sviluppati dei documenti specifici per categoria di prodotto (PEFCR – Product Environmental Footprint Category Rules), che definiscono gli aspetti metodologici da seguire per uno specifico prodotto/processo. Per i prodotti agroalimentari sono disponibili diverse PEFCR tra cui quella per i latticini, che al momento però non è valida in quanto scaduta

1495/20221004164603mp\_/https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR\_OEFSR\_en.htm).

Il Made Green in Italy è uno schema nazionale volontario per la valutazione e la comunicazione dell'impronta ambientale dei prodotti, istituito dal decreto del Ministero dell'Ambiente n. 56/2018. Esso si basa sul metodo PEF e prevede lo sviluppo delle RCP (Regole di Categoria di Prodotto) ed il recepimento delle PEFCR sviluppate a livello europeo (se presenti). Inoltre, lo schema è applicabile solo ai prodotti inclusi nella categoria del Made in Italy. Lo schema quindi permette, così come la PEF, di identificare i principali impatti a livello di filiera/sistema e di effettuare interventi di miglioramento. Al momento, le RCP esistenti per il settore agroalimentare comprendono diverse tipologie di prodotti (es. olio extra vergine di oliva, aceto, pasta secca, ecc.) e 3 di esse riguardano formaggi (Grana Padano, Provolone, Asiago).

Infine, i Criteri Ambientali Minimi per "Servizio di ristorazione collettiva e fornitura di derrate alimentari" (approvati con DM n. 65 del 10 marzo 2020, in G.U. n.90 del 4 aprile 2020) hanno l'obiettivo di valorizzare i prodotti agroalimentari con le migliori prestazioni ambientali, di prevenire la produzione dei rifiuti e di diminuire le emissioni di gas serra legate alla logistica dei prodotti utilizzati.

### 3.3.1 Politiche legate alla qualità nel settore agro alimentare

Il Regolamento europeo 1151/2012 (Commissione Europea, 2012) determina i regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari con l'obiettivo di tutelare gli standard qualitativi dei prodotti agroalimentari, salvaguardarne i metodi di produzione, fornire ai consumatori informazioni chiare sulle caratteristiche che conferiscono valore aggiunto ai prodotti. I regimi di qualità indicati da tale Regolamento rientrano in tre categorie:

- Denominazioni di origine protette e indicazioni geografiche protette;
- Specialità tradizionali garantite;
- Indicazioni facoltative di qualità.

#### **Denominazioni di Origine Protette (DOP) e Indicazioni Geografiche Protette (IGP) (Figura 3).**

Secondo l'articolo 5 di questo Regolamento, un prodotto per ottenere la "*Denominazione di Origine Protetta*" deve essere originario di un luogo, regione o, in casi eccezionali, di un determinato Paese, la cui qualità o le cui caratteristiche sono dovute essenzialmente o esclusivamente ad un particolare ambiente geografico ed ai suoi intrinseci fattori naturali e umani e le cui fasi di produzione si svolgono nella zona geografica delimitata. Attualmente sono stati riconosciuti 853 prodotti DOP, di cui 527 vini e 326 prodotti agroalimentari, tra cui 53 appartengono al settore lattiero caseario (MASAF, 2023). Un prodotto può essere identificato come "*Indicazione Geografica Protetta*" se anch'esso è originario di un determinato luogo, regione o paese, alla cui origine geografica sono essenzialmente attribuibili una data qualità, reputazione o altre caratteristiche e la cui produzione si svolge per almeno una delle sue fasi nella zona geografica delimitata. Attualmente sono stati riconosciuti 257 prodotti come Indicazioni Geografiche, di cui 139 prodotti agroalimentari e 118 vini (MASAF, 2023).

Le differenze fra DOP e IGP sono dovute principalmente alla quantità di materie prime del prodotto che devono provenire dalla zona o alla misura in cui il processo di produzione deve aver luogo nella regione specifica.



Figura 3. Logo IGP - Logo DOP (Fonte: [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained\\_it](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it))

**Specialità tradizionali garantite (STG)** (Figura 4): dicitura che non fa riferimento a un'origine, ma ha per oggetto la valorizzazione di una composizione tradizionale del prodotto o di un metodo di produzione tradizionale. I prodotti riconosciuti STG seguono specifici metodi di produzione e ricette tradizionali. Materie prime ed ingredienti utilizzati tradizionalmente rendono questi prodotti delle specialità, a prescindere dalla zona geografica di produzione. Ad oggi sono state riconosciute 4 Specialità Tradizionali Garantite, tra cui 1 prodotto del settore lattiero caseario, la mozzarella (MASAF,2023).



Figura 4. Logo STG (Fonte: [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained\\_it](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_it))

**Indicazioni facoltative di qualità:** il loro obiettivo consiste nell'agevolare la comunicazione delle caratteristiche o proprietà dei prodotti agricoli, da parte dei produttori, nel mercato interno, conferendo valore aggiunto ai medesimi prodotti che sono muniti di tale indicazione. Per rientrare in questa categoria le indicazioni devono soddisfare i seguenti criteri:

- l'indicazione si riferisce a una caratteristica di una o più categorie di prodotti o ad una modalità di produzione o di trasformazione agricola applicabili in zone specifiche;
- l'uso dell'indicazione conferisce valore al prodotto rispetto a prodotti di tipo simile;
- l'indicazione ha una dimensione europea.

Nonostante questo strumento sia stato inquadrato normativamente nella disciplina dei regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari, non è un vero e proprio "regime" di qualità, nel senso tecnico del termine come DOP, IGP e STG. Infatti, a differenza di questi ultimi, riconosciuti come regimi che tutelano denominazioni specifiche e si fondano su disciplinari tecnici di produzione che stabiliscono norme produttive per i singoli prodotti registrati, le indicazioni facoltative di qualità sono indicazioni apponibili a tutti i prodotti che provengono da determinate aree del territorio dell'Unione Europea che rispettino minime regole comuni. Nello

specifico, le indicazioni facoltative di qualità rientrano nell'ambito normativo dell'etichettatura degli alimenti, non nell'ambito dei regimi di certificazione, mancano infatti gli elementi minimi che caratterizzano tutti i regimi di certificazione: disciplinari tecnici di produzione, certificazioni ed organismi di certificazione, organismi incaricati della gestione del regime e logo. Nel quadro normativo attuale ed in mancanza di una specifica normativa nazionale di recepimento, le indicazioni facoltative di qualità possono essere utilizzate da tutti i soggetti che rispettino le norme comuni stabilite dalla Commissione Europea nel citato Regolamento 1151/2012 ed è quindi responsabilità dell'operatore, al momento di eventuali controlli, dimostrare di aver rispettato le regole stabilite.

Tra le indicazioni facoltative di qualità troviamo l'indicazione "Prodotto di montagna". Tale indicazione è utilizzata unicamente per descrivere i prodotti destinati al consumo umano in merito ai quali sia le materie prime che gli alimenti per animali provengono essenzialmente da zone di montagna e, nel caso dei prodotti trasformati, anche la trasformazione ha luogo in zone di montagna. L'appartenenza dei prodotti alla categoria "Prodotto di montagna" è certificata dalla presenza del logo (Figura 5), istituito con il DM n. 57167 del 26 luglio 2017 (MIPAFF, 2017). Il Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste pubblica periodicamente l'elenco dei prodotti di montagna tra cui vi sono diversi prodotti del settore lattiero caseario (<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11687>).



Figura 5. Logo Prodotto di montagna (Fonte: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11687>)

#### Marchi di qualità per la filiera del latte

Oltre alle certificazioni precedentemente descritte, per tutelare la qualità e differenziare le tipologie di prodotti, all'interno dell'Unione Europea si sono evoluti altri marchi, sia diffusi a livello europeo, come il "Bio", che specifici nazionali, come il "QM Marche".

#### **Latte Biologico**

La produzione biologica, secondo il Regolamento europeo 848/2018 (Commissione Europea, 2018), si pone i seguenti obiettivi:

- contribuire a tutelare l'ambiente e il clima;
- conservare a lungo termine la fertilità dei suoli;
- contribuire a un alto livello di biodiversità;
- contribuire efficacemente a un ambiente non tossico;
- contribuire a criteri rigorosi in materia di benessere degli animali e soddisfare, in particolare, le specifiche esigenze comportamentali degli animali secondo la specie;
- promuovere le filiere corte e la produzione locale nelle varie zone dell'Unione;

- incoraggiare il mantenimento delle razze rare e autoctone in via di estinzione;
- contribuire allo sviluppo dell'offerta di materiale fitogenetico adeguato alle esigenze e agli obiettivi specifici dell'agricoltura biologica;
- contribuire a un elevato livello di biodiversità, in particolare utilizzando materiale fitogenetico di vari tipi, come materiale eterogeneo biologico e varietà biologiche adatte alla produzione biologica;
- promuovere lo sviluppo di attività di miglioramento genetico biologico dei vegetali al fine di contribuire a prospettive economiche favorevoli del settore biologico.

Nella Figura 6 è identificato il logo che contraddistingue un latte biologico.



Figura 6. Logo del Latte Biologico (Bio) (Fonte: [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-logo\\_it](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-logo_it))

In etichetta abbinato al logo deve essere presente un codice numerico identificativo, in formato generale “AB-CDE-999” dove: “AB” è il codice ISO del paese in cui sono effettuati i controlli; “CDE” è un termine, composto di tre lettere, approvato dalla Commissione o dai singoli Stati membri, come “bio”, “öko” o “org” o “eko”, che stabilisce un nesso con la produzione biologica; e “999” è il numero di riferimento dell’organismo di controllo, composto al massimo di tre cifre.

***Marchio Regionale QM – qualità garantita dalle Marche: Filiera latte crudo e latte fresco pastorizzato di alta qualità***

Introdotta dalla regione Marche per valorizzare ulteriormente la produzione di latte di alta qualità a livello nazionale attraverso la Deliberazione della Giunta Regionale n. 109 (Regione Marche, 2009), il Marchio Regionale QM si pone lo scopo di garantire ai consumatori:

- qualità, attraverso un disciplinare di produzione e controlli indipendenti;
- tracciabilità, per ciascuna fase e per tutti i soggetti coinvolti nel processo di produzione;
- informazione sul prodotto, attraverso l’etichetta e il sito internet dedicato.

Il disciplinare di produzione si applica ad allevamenti, distributori (ovvero i soggetti che partecipano al circuito della vendita di latte crudo), primi acquirenti, trasportatori e stabilimenti di trattamento e confezionamento. Tali soggetti, e i loro organismi associativi, non hanno obbligo di esclusività, ma il prodotto a marchio “QM” deve essere separato da altri prodotti in tutte le fasi del processo produttivo, per garantire una corretta identificazione del prodotto. Il marchio “QM” si applica al “latte fresco pastorizzato di alta qualità” e al “latte crudo”, quest’ultimo deve essere atto a divenire di alta qualità e provenire da aziende zootecniche autorizzate a norma di legge ad esercitare tale produzione. In ogni caso, il latte deve essere contraddistinto dall’apposito marchio impresso sull’etichetta (Figura 7).



Figura 7. Marchio regionale QM - qualità garantita dalle Marche (Fonte: <https://www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/Marchio-QM>)

### 3.3.2 Etichette e certificazioni ambientali di prodotto

Le etichette ambientali di prodotto forniscono informazioni sulla sua performance ambientale complessiva, o su uno o più aspetti ambientali specifici dello stesso. Le etichette ambientali possono essere distinte in tre tipologie, sulla base delle definizioni date dalle norme internazionali della serie ISO 14020:1999:

- Tipo I (ISO 14024): Etichette ecologiche sottoposte a certificazione esterna, i cui criteri sono definiti sulla base dell'impatto ambientale del ciclo di vita e per cui esistono dei valori soglia da rispettare (es. ECOLABEL europeo).
- Tipo II (ISO 14021): Etichette ecologiche basate su autodichiarazioni del produttore su caratteristiche ambientali specifiche del prodotto (es. contenuto di riciclato). Non è previsto un sistema di certificazione da parte terza.
- Tipo III (ISO 14025): Dichiarazioni ambientali di prodotto (DAP) (Environmental Product Declaration - EPD) basate su uno studio LCA (Life Cycle Assessment), secondo delle regole definite per ciascuna categoria di prodotto, con l'obiettivo di consentire il confronto degli aspetti ambientali di prodotti simili. Sottoposta a verifica di parte terza.

Di seguito si esaminano brevemente le etichette di Tipo III, in quanto l'Ecolabel europeo non si applica agli alimenti e le autodichiarazioni di Tipo II sono utilizzate principalmente per gli imballaggi.

L'**Environmental Product Declaration** (EPD), conosciuta in Italia come DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), normata dalla ISO 14025, è un'etichetta ecologica che riporta dichiarazioni basate su parametri stabiliti e che contiene una qualificazione e quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolato attraverso una valutazione LCA. Queste etichette sono sottoposte ad un controllo indipendente di terza parte e comunicano informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alle prestazioni ambientali di prodotti e/o servizi. Le informazioni hanno carattere esclusivamente informativo, non prevedono forme di valutazione, criteri di preferibilità o livelli minimi da rispettare. Per questo tipo di etichettatura non vi sono loghi specifici ed eventualmente non fanno riferimento alle prestazioni ambientali di prodotto ma al sistema nazionale o internazionale di riferimento utilizzato per lo sviluppo della dichiarazione. Uno degli schemi più attivi a livello internazionale, è quello dello Swedish Environmental Management Council (SEMC), conosciuto sinteticamente come Sistema EPD (Environmental Product Declarations). Originariamente incaricato dal governo svedese per la gestione del programma, dopo la fine di una fase transitoria di

trasformazione, si è evoluto in sistema internazionale e dal 29 febbraio 2008 è diventato “The International EPD System” (<https://www.environdec.com>). Il sistema internazionale EPD ha, come obiettivo principale, l'ambizione di aiutare le organizzazioni a comunicare le prestazioni ambientali dei loro prodotti (beni e servizi) in modo credibile e comprensibile. A livello italiano, è stato sviluppato da qualche anno un sistema nazionale (comunque privato) nominato EPDItaly (<https://www.epditaly.it/>), che però al momento non considera prodotti agroalimentari.

Allo stato attuale, nel sistema “The International EPD System” per il settore agroalimentare risultano presenti 219 EPD e 4 sono riferite al latte fresco prodotto in Italia:

- 1) Latte fresco pastorizzato parzialmente scremato 100% Toscano Mukki;
- 2) Latte fresco pastorizzato intero Alta Qualità 100% Toscano Mukki;
- 3) Latte fresco parzialmente scremato "Selezione Mugello" Mukki;
- 4) Latte fresco intero di alta qualità "Selezione Mugello" Mukki.

Tutti questi prodotti sono confezionati in Tetra Top da 1 Litro dalla Centrale del Latte d'Italia S.p.A.

## 4 Studio di filiera del latte crudo vaccino

### 4.1 Gruppo di lavoro

In Tabella 2 è riportato il gruppo di lavoro che ha contribuito al presente studio:

Tabella 2. Gruppo di lavoro per lo studio di filiera del latte crudo vaccino

Nome	Ente/impresa	Tipologia	Contatti
Valentina Fantin	ENEA	Centro di ricerca	<a href="https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise">https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise</a> e-mail: <a href="mailto:valentina.fantin@enea.it">valentina.fantin@enea.it</a> tel: 051-6098532
Sara Cortesi	ENEA	Centro di ricerca	<a href="https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise">https://risorse.sostenibilita.enea.it/structure/rise</a> e-mail: <a href="mailto:sara.cortesi@enea.it">sara.cortesi@enea.it</a>
Flavia Frisone	ENEA	Centro di Ricerca	e-mail: <a href="mailto:flavia.frisone@enea.it">flavia.frisone@enea.it</a>
Anna Sandrucci	Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia	Università	e-mail: <a href="mailto:anna.sandrucci@unimi.it">anna.sandrucci@unimi.it</a>
Alberto Tamburini	Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia	Università	e-mail: <a href="mailto:alberto.tamburini@unimi.it">alberto.tamburini@unimi.it</a>
Luciana Bava	Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione,	Università	e-mail: <a href="mailto:luciana.bava@unimi.it">luciana.bava@unimi.it</a>

Nome	Ente/impresa	Tipologia	Contatti
	Territorio, Agroenergia		
Maddalena Zucali	Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia	Università	e.mail: <a href="mailto:maddalena.zucali@unimi.it">maddalena.zucali@unimi.it</a>
Giulia Gislone	Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia	Università	e.mail: <a href="mailto:giulia.gislone@unimi.it">giulia.gislone@unimi.it</a>

L'Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia ha deciso di partecipare al progetto ARCADIA e fornire il suo contributo allo studio di filiera per lo sviluppo del dataset relativo al latte crudo vaccino, sia per valorizzare il lavoro svolto durante i progetti LIFE DOP e LIFE Forage4Climate, sia per ragioni di visibilità nella banca dati e in altre iniziative di disseminazione legate alla partecipazione al progetto ARCADIA.

## 4.2 Ambito di applicazione dello studio

### 4.2.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

La funzione del sistema è la produzione del latte crudo vaccino destinato all'utilizzo e trasformazione in centrali del latte, caseifici e simili per l'ottenimento di altri prodotti lattiero-caseari (es. yogurt, formaggi, burro, ecc.).

L'unità funzionale (Tabella 3) utilizzata è quindi 1 kg di latte crudo in uscita dall'azienda agrozootecnica, prodotto nelle regioni del Nord Italia; il latte crudo vaccino è un prodotto intermedio destinato a essere trattato e lavorato per ottenere altri prodotti della filiera lattiero-casearia. Tale unità funzionale è stata utilizzata in vari studi identificati nella letteratura esistente e, inoltre, è ritenuta più idonea anche dalle aziende e dagli esperti di settore coinvolti nello studio di filiera, anche in ottica del successivo uso da parte del trasformatore (caseifici, centrali del latte). Il contenuto medio di grasso nel latte è pari al 3,8%, mentre il contenuto medio di proteine è pari al 3,4%.

Il flusso di riferimento è rappresentato da 1 kg di latte crudo vaccino.

Lo studio LCA è stato sviluppato in conformità alle norme ISO 14040-14044 (UNI EN ISO, 2021a; UNI EN ISO, 2021b), modellando il ciclo di vita dei prodotti in modo "attribuzionale", ovvero riproducendo la catena di fornitura esistente e utilizzando processi di background rappresentativi del mix di consumo del mercato medio (JRC, 2010).

Tabella 3. Unità funzionale del latte crudo vaccino

<b>Funzione fornita</b>	Che cosa?	Latte crudo vaccino all'azienda agrozootecnica, prodotto in Nord Italia, per successivo trattamento e lavorazione
<b>Quantità della funzione</b>	Quanto?	1 kg di latte crudo vaccino

<b>fornita</b>		
<b>Il livello di qualità della funzione attesa</b>	Quanto bene la funzione viene espletata?	Prodotto intermedio destinato a essere trattato e lavorato per ottenere altri prodotti della filiera lattiero-casearia. Il contenuto medio di grasso nel latte è pari al 3,8%, mentre il contenuto medio di proteine è pari al 3,4%.
<b>La durata del prodotto</b>	Per quanto tempo la funzione è espletata?	-

#### 4.2.2 Confini del sistema

Ai fini dello studio LCA di filiera si è adottato un approccio “cradle-to-gate”, ovvero un approccio che considera tutti i processi fino al “cancello dell’azienda agrozootecnica”, escludendo il trattamento e la lavorazione del latte crudo vaccino per la sua trasformazione in altri prodotti lattiero-caseari, la distribuzione del prodotto ai successivi trasformatori (es. caseifici, centrali del latte), e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuale bollitura presso il consumatore ed il processo di smaltimento del latte non utilizzato o non conforme alle norme igieniche). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase agricola di produzione degli alimenti zootecnici fino all’allevamento degli animali e della loro mungitura, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di trasformazione del latte crudo vaccino e a tutti gli effetti rappresentativa della sua filiera.

In dettaglio, i confini del sistema includono le seguenti fasi e processi (Figura 8):

- Autoproduzione di alimenti zootecnici per l’allevamento dei bovini da latte, che comprende:
  - ✓ Consumi di fertilizzanti chimici ed organici (reflui zootecnici), agrofarmaci e gasolio agricolo per la coltivazione delle colture;
  - ✓ Trasporti di fertilizzanti e agrofarmaci;
  - ✓ Emissioni in aria, acqua e suolo derivanti dall’uso di fertilizzanti chimici ed organici e di agrofarmaci.
- Allevamento del bestiame e mungitura delle vacche da latte, che include:
  - ✓ Consumo di mangimi, integratori, materiale per lettiera, che sono acquistati dall’esterno;
  - ✓ Consumo di acqua ed energia (elettricità, GPL, metano) per l’allevamento degli animali e la mungitura;
  - ✓ Emissioni in aria, acqua e suolo legate alla produzione e gestione dei reflui zootecnici (letame e liquame);
  - ✓ Emissioni in aria dovute alla fermentazione enterica.

Sono esclusi dai confini del sistema i seguenti processi:

- La produzione di macchinari ed infrastrutture (e relativi rifiuti di manutenzione), con l’eccezione di quelli già contenuti nei dataset di Ecoinvent utilizzati per modellare i dati di background;
- La produzione ed il trasporto degli imballaggi e della semente, in quanto non sono disponibili dati primari;

- La gestione e il trattamento dei rifiuti prodotti presso l'azienda agrozootecnica, a causa della mancanza di dati primari.

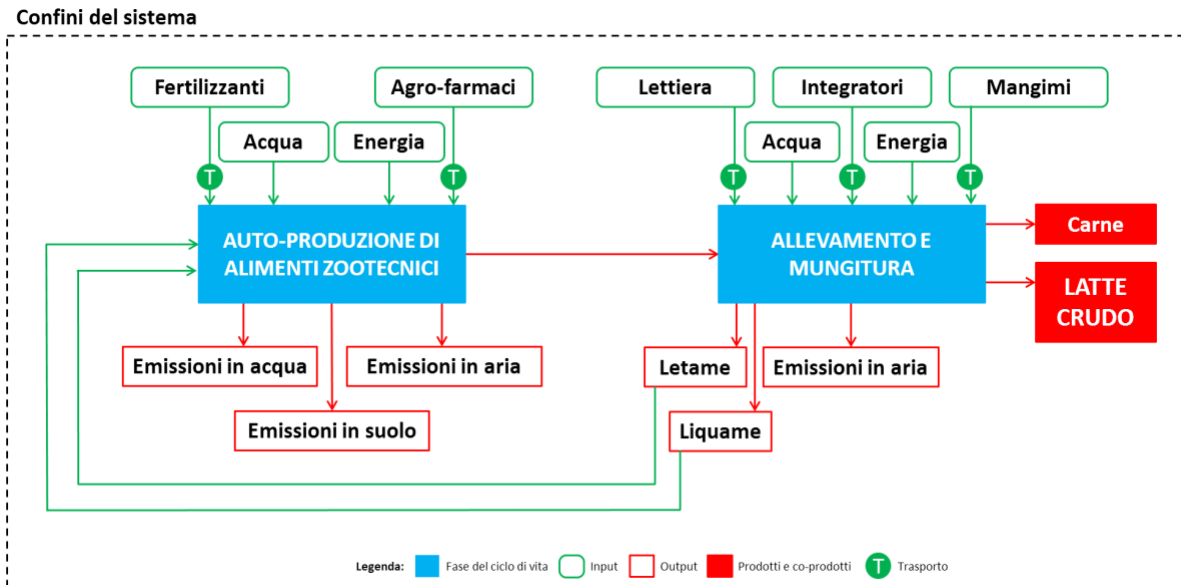


Figura 8. Confini del sistema del processo di produzione del latte crudo vaccino medio rappresentativo della filiera del latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia, destinato a successive lavorazioni e trasformazioni (Fonte: Elaborazione ENEA)

#### 4.2.3 Assunzioni e giudizi di valore

La modellazione del sistema analizzato è stata eseguita facendo ricorso a dati primari disponibili a livello di filiera, messi a disposizione dall'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, in particolare dalla Prof.ssa Anna Sandrucci, dal Prof. Alberto Tamburini, dalla Prof.ssa Luciana Bava, dalla Dott.ssa Maddalena Zucali e dalla Dott.ssa Giulia Gislón.

L'insieme di dati è stato raccolto dal gruppo dell'Università di Milano presso aziende agrozootecniche del settore durante i progetti LIFE Forage4climate e LIFE DOP e sono riferiti alla produzione di latte crudo vaccino per l'anno 2019, rappresentativi della filiera del Nord Italia di questa tipologia di latte e delle tecnologie (tipologie di strutture, razioni degli animali, macchinari, attrezzature, ecc.) in essa impiegate. Tali aziende sono considerate rappresentative di una situazione media del Nord Italia relativa alla produzione del latte crudo vaccino. Inoltre, tutte le aziende considerate sono di tipo intensivo, senza l'utilizzo del pascolo, con stabulazione libera e con mungitura in sala.

I dati di inventario relativi ai diversi processi presenti all'interno dei confini del sistema sono dunque da ritenersi ragionevolmente rappresentativi della filiera oggetto di studio.

Nel complesso, con riferimento alle indicazioni contenute nel report interno di progetto "Metodologia per gli studi di filiera della Banca Dati italiana LCA" (versione di novembre 2021), la qualità dei dati utilizzati nello studio è ritenuta buona e, in particolare, si ritiene:

- buona l'affidabilità dei dati (i dati sono stati per la maggior parte misurati; nei casi in cui essi siano stati calcolati o provengano da letteratura, sono stati tutti controllati da esperti);

- buona la rappresentatività temporale dei dati (nessun dato si riferisce a un periodo antecedente di 4 anni lo studio di filiera);
- molto buona la rappresentatività geografica dei dati (il processo descritto è rappresentativo del luogo geografico indicato negli studi di filiera);
- buona la rappresentatività tecnologica: il processo descrive in modo dettagliato la tecnologia attualmente presente sul mercato, ma alcuni flussi, giudicati non rilevanti sulla base di giudizio di esperti, non sono stati quantificati.

#### 4.2.4 Gestione della multifunzionalità

Durante la produzione del latte crudo vaccino si produce anche carne bovina, da bovine scartate dalla produzione e da vitelli non avviati alla produzione, carne che è venduta all'esterno. La carne è stata perciò considerata un co-prodotto della filiera produttiva, e perciò ad essa sono stati associati flussi di input e output tramite procedure di allocazione. In particolare, per attribuire i consumi di materiali, energia, acqua e le emissioni in aria, acqua, suolo relativi alla produzione complessiva aziendale, si è effettuata un'allocazione in massa, secondo le PCR for dairy products 2021:08 version 1.01 (EPD International AB, 2021), che a sua volta fa riferimento alle indicazioni della International Dairy Federation.

Il fattore di allocazione per il latte (AF) è stato quindi calcolato come segue:

$$AF = 1 - 6,04 \times BMR$$

dove BMR (*Beef-to-Milk Ratio*, in italiano "rapporto carne-latte") =  $M_{carne}/M_{latte}$ , ovvero il rapporto fra la massa di peso vivo di tutti gli animali venduti in un anno e la massa di FPCM (*Fat and Protein Corrected Milk*, in italiano "latte corretto per grasso e proteine") venduto in un anno.

La quantità di FPCM (corretto secondo le indicazioni delle PCR al 4% di grasso e al 3,3% di proteine) è stata calcolata come segue:

$$FPCM \text{ (kg/anno)} = \text{Produzione (kg/anno)} \times [0,1226 \times 4 + 0,0776 \times 3,3 + 0,2534].$$

Dal calcolo, basato sui dati primari medi relativi alla massa di carne e latte venduti, risulta che il fattore di allocazione per il latte è 0,85. Tutti i dati utilizzati nello studio sono perciò stati moltiplicati per un fattore di allocazione pari a 0,85, in modo da ricondurli alla produzione del latte crudo vaccino.

#### 4.2.5 Revisione critica

Il presente studio di filiera ed il relativo modello LCA nel software SimaPro sono stati sottoposti a revisione di parte terza, prevista all'interno del progetto Arcadia, al fine di verificare e validare la completezza e conformità alle norme ISO dell'analisi, nonché la consistenza, l'affidabilità e la tracciabilità di informazioni e dati utilizzati.

Il revisore (personale interno ENEA, esperto di LCA e non coinvolto nello studio) ha verificato e validato lo studio LCA (inclusi i dati raccolti, calcolati e stimati e il modello LCA), il rapporto tecnico e i dataset sviluppati, arrivando a formulare un giudizio critico sulla qualità del lavoro. La verifica ha assicurato la conformità dello studio LCA alle norme ISO 14040-44 (UNI EN ISO, 2021a, UNI EN ISO, 2021b), mentre la validazione è servita a garantire la consistenza,

l'affidabilità e la tracciabilità delle informazioni e dei dati contenuti nello studio, nonché la correttezza dei calcoli eseguiti.

#### 4.2.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

In conformità con la metodologia di Arcadia, il metodo di valutazione degli impatti utilizzato è EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019), che costituisce il metodo di valutazione dell'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale (Commissione Europea, 2021) e che comprende caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione. Per le fasi di normalizzazione e ponderazione si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di normalizzazione e ponderazione.

Per lo svolgimento dello studio è stato utilizzato il software SimaPro versione 9.5 sviluppato da PRé Sustainability B.V., contenente la banca dati commerciale Ecoinvent 3.7.1 (Wernet et al., 2016), da cui sono stati selezionati tutti i dataset utilizzati nella modellazione e riguardanti i dati di background. In un'ottica di rappresentatività geografica, temporale e tecnologica dei processi di banca dati utilizzati, si è fatto riferimento a tecnologie medie globali e ai più recenti dati disponibili nel database Ecoinvent 3.7.1.

#### 4.3 Modellazione dei dataset della filiera

Il modello scelto per la creazione dei dataset per la banca dati di Arcadia è di tipo "attribuzionale", ovvero un modello che riproduce la catena di fornitura del prodotto oggetto di analisi utilizzando dati ed eventuali processi di background rappresentativi di una situazione media del mercato di riferimento. Il dataset sviluppato per lo studio di filiera è quello relativo al latte crudo vaccino medio prodotto in Nord Italia, giudicato insieme al GdL come rappresentativo della filiera produttiva del Nord Italia e delle relative tecnologie, e contiene al proprio interno tutti i dati e i flussi di input e output necessari alla costruzione dello stesso. Il dataset è relativo alla sola fase di produzione e non include tutti i trasporti del prodotto finito alla sua destinazione finale di uso.

Sono, invece, incluse le operazioni di trasporto relative alla fase di produzione, con particolare riferimento ai prodotti acquistati (fertilizzanti, agrofarmaci, mangimi, integratori, lettiera). Questa scelta è legata alle finalità di utilizzo della banca dati di Arcadia da parte di possibili utenti, che potranno associare ai dataset eventuali trasporti e/o utilizzi specifici del latte crudo vaccino destinato a essere trasformato in altri prodotti lattiero-caseari.

#### 4.4 Analisi di inventario

I dati primari utilizzati nello studio sono stati estratti ed elaborati a partire da un insieme di dati messi a disposizione dall'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, e raccolti presso aziende del settore con apposite schede di raccolta dati dall'Università di Milano, nell'ambito dei progetti LIFE Forage4climate e LIFE DOP.

I dati raccolti fanno riferimento all'anno 2019 e sono stati raccolti presso 98 aziende agrozootecniche della Lombardia, situate nelle province di Como, Lecco, Milano, Pavia, Lodi,

Sondrio e Mantova (5 aziende del progetto LIFE FOrage4climate e 93 aziende del progetto LIFE DOP).

La superficie agricola utilizzata totale dichiarata dalle aziende selezionate è pari a 5.373,9 ha. Le mandrie considerate comprendono in totale 13.158 vacche, di cui 11.244 in lattazione, 5.324 manze, 3.713 manzette, 1.855 vitelle svezzate, 1.734 vitelle femmine e 206 vitelli maschi. Nell'anno di riferimento l'insieme delle aziende ha venduto oltre 119.010 t di latte. In mancanza di dati primari, sono stati utilizzati dati di letteratura per le quantità di letame e liquame prodotte e per calcolare le emissioni e la quantità di acqua per l'abbeverata (si veda par. 4.4.2 per i dettagli).

#### 4.4.1 Assunzioni utilizzate nello studio

- I pesi delle varie tipologie di animale (dati primari medi provenienti dalle aziende agrozootecniche) per il calcolo del peso totale della carne venduta sono stati considerati pari a: 650 kg per le vacche; 450 kg per le manze; 400 kg per le manzette; 200 kg per le vitelle svezzate; 50 kg per i vitelli/e.
- Il potere calorifico del gasolio è stato considerato pari a 42,7 MJ/kg (<https://energia.regione.emilia-romagna.it/come-fare-per/allegati-banche-dati/nota-metodologica-e-i-fattori-di-conversione>).
- La densità del gasolio è stata considerata pari a 0,835 kg/dm<sup>3</sup> (ISPRA, 2020a).
- Il potere calorifico del metano è stato considerato pari a 8430 kcal/m<sup>3</sup> = 35,3 MJ/m<sup>3</sup> (ISPRA, 2020b).
- Il peso di 1 dm<sup>3</sup> di GPL è stato considerato pari a 0,56 kg (<https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/272551>).
- Ai fini della modellazione del sistema e, in particolare di alcuni mangimi acquistati (latte in polvere, grassi idrogenati, segatura, melasso), utilizzati in quantità trascurabile e per alcuni dei quali non sono disponibili dataset adatti per la loro modellazione (grassi idrogenati, latte in polvere), è stato adottato un criterio di cut-off sulla base della massa, che ha previsto l'esclusione di tali flussi dallo studio, in quanto costituiscono meno dell'1% del peso totale di tutti gli input al sistema.

#### 4.4.2 Descrizione e documentazione processi unitari

In Tabella 4 è riportata una breve descrizione di tutti i processi/flussi coinvolti nel ciclo di vita del prodotto oggetto di studio e tutti i dati relativi ai processi unitari utilizzati nello studio di filiera, con una chiara identificazione della banca dati (e relativi dataset) di riferimento. I dati sono riferiti alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino e riportano un insieme di dati primari forniti dalle aziende e dati calcolati basati su dati di letteratura e su modelli scientifici per il calcolo delle emissioni relative all'uso di fertilizzanti chimici, organici e di agrofarmaci.

Di seguito è indicata la documentazione relativa alle procedure di calcolo effettuate e ad alcune assunzioni che si sono rese necessarie per il calcolo dei dati di input e output relativi ad 1 kg di latte crudo vaccino prodotto rappresentativo della filiera del latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia (Tabella 4).

- Il consumo di GPL è stato modellato considerando solamente la produzione del combustibile, a causa della mancanza in Ecoinvent di dataset adeguati per la combustione dello stesso, e della mancanza di informazioni sulla tipologia di utilizzo del gasolio (per mezzi agricoli o per riscaldamento), che non hanno permesso di utilizzare fattori di emissione a livello nazionale per la combustione del GPL (le linee guida ISPRA forniscono fattori di emissione per il GPL solamente per impianti di combustione minori di 50 MW: tali fattori sono stati considerati non adeguati per modellare le emissioni durante l'uso del GPL nei mezzi agricoli o in stalla).
- Ai fini della modellazione del consumo elettrico da rete, si è fatto riferimento al mix italiano, considerando una fornitura in bassa tensione.
- L'acqua per l'irrigazione non è stata considerata per mancanza di dati primari relativi al volume di acqua utilizzata negli interventi irrigui nella maggior parte delle aziende. In modo simile, l'acqua utilizzata per le operazioni di lavaggio e pulizia dell'allevamento non è stata inclusa per mancanza di dati primari e di dati secondari per la relativa stima.
- In mancanza di dati primari, la distanza di trasporto di fertilizzanti, agrofarmaci e mangimi acquistati, è stata assunta pari a 100 km tra il punto vendita e l'azienda agrozootecnica. Tale distanza è stata determinata ipotizzando che, sulla base di studi analoghi effettuati in precedenza dagli autori, le aziende acquistino i vari materiali da fornitori localizzati a distanze relativamente brevi. Il mezzo di trasporto è stato considerato essere un camion di portata media 24 ton, EURO 4.
- La produzione di eventuali imballaggi per fertilizzanti, agro-farmaci, mangimi acquistati, integratori e lettiera e i relativi rifiuti, nonché il loro trattamento, sia in campo che in stalla, non sono stati considerati per mancanza di dati primari.
- Il consumo di semente non è stato considerato per la coltivazione delle colture autoprodotte a causa della mancanza di dati primari; si è considerata perciò solamente la semente già inclusa nei dataset di Ecoinvent che rappresentano i mangimi acquistati.
- La composizione dei mangimi complementari acquistati (mangime per vacche in lattazione, mangime per vitelle, nucleo per vacche in lattazione) è stata costruita sulla base di una composizione media basata su giudizio esperto del GdL.
- Per modellare alcune tipologie specifiche di mangimi acquistati, in mancanza di dataset specifici in Ecoinvent, si sono utilizzati dei proxy, scelti sulla base delle caratteristiche e della tipologia dell'alimento stesso.
- Le quantità di letame e liquame sono state calcolate sulla base dei valori medi di produzione annua per capi adulti con stabulazione libera con lettiera permanente riportati in Gazzetta Ufficiale, 3°serie speciale, anno 161°, numero 14, 04 aprile 2020. Si è inoltre considerato che tutto il letame e liquame prodotto dalle mandrie delle aziende selezionate sia usato nei campi delle aziende stesse per produrre foraggi, i quali sono poi totalmente usati per l'alimentazione delle stesse mandrie.
- Per calcolare la quantità di kg di latte corretto in grasso e proteine (Fat and Protein Corrected Milk - FPCM), necessaria per il calcolo dell'allocazione tra latte prodotto e

carne venduta, è stata usata la formula delle PCR for Dairy Products di Environdec (EPD International AB, 2021).

- Il calcolo delle emissioni dirette in aria e acqua ( $N_2O$ ,  $NH_3$ ,  $NO$ ,  $NO_3$ ) derivanti dall'utilizzo dei fertilizzanti chimici ed organici (letame e liquame) per la produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti è stato basato sui fattori di emissione contenuti nelle PCR for Arable Crops di Environdec (EPD International AB, 2023), in base al tipo di fertilizzante utilizzato. In particolare, sono state utilizzate le tabelle 4, 5, 8 delle PCR for Arable Crops e i paragrafi 4.10.2.1, 4.10.2.2, 4.10.2.4, 4.10.2.6 e 4.10.2.7 dello stesso documento, scegliendo i fattori di emissione specifici per le tipologie di fertilizzante utilizzate dalle aziende coinvolte (urea, nitrato di ammonio, liquame, letame, NPK).
- La produzione degli agrofarmaci è stata modellata in base a classificazioni che considerano la classe chimica di appartenenza dei principi attivi che li compongono. Per gli agrofarmaci per i quali non è stato possibile effettuare una classificazione, si è utilizzato il dataset generico di Ecolnvent "*Pesticide, unspecified {GLO} market for | Cut-off, U*".
- Per il calcolo delle emissioni dirette in aria, acqua e suolo derivanti dall'utilizzo degli agrofarmaci per la produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti, si sono utilizzati i fattori di emissione contenuti nelle PCR for Arable Crops di Environdec (EPD International AB, 2023), secondo cui il 90% del principio attivo di ogni agrofarmaco è emesso nel suolo, il 9% in aria e l'1% in acqua. I flussi elementari utilizzati per le emissioni dirette degli agrofarmaci sono stati identificati sulla base della composizione di ogni agrofarmaco e dei principi attivi in esso contenuti.
- Il calcolo delle emissioni di metano enterico durante l'allevamento della mandria è stato basato sui fattori di emissione contenuti in IPCC Guidelines for National Greenhouse gas inventories Volume 4 (IPPC, 2019a), considerando il metodo Tier 1.
- Il calcolo del metano da gestione dei reflui zootecnici è stato basato sui fattori di emissione contenuti in IPCC Guidelines for National Greenhouse gas inventories Volume 10 (IPPC, 2019b), considerando un clima "Cool temperate moist" e considerando che il 50% dei reflui siano gestiti come letame solido e il 50% come liquame.
- Si è considerato che ogni animale della mandria beva 100 L/giorno di acqua (media fra 50 litri/giorno e 150 litri/giorno per la vacca in lattazione), secondo i dati presenti in Baroni (2011). Si è inoltre ipotizzato che il 50% della quantità di acqua totale provenga da pozzo, e che il restante 50% provenga da rete.
- Poiché la maggior parte delle aziende agrozootecniche non hanno fornito dati primari specifici e robusti sulla quantità di gasolio utilizzata per la produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti e per le operazioni di allevamento e mungitura, si è ipotizzato, sulla base di stime fornite da alcune aziende coinvolte nella raccolta dati, che il 50% del gasolio totale sia utilizzato per la produzione di alimenti zootecnici autoprodotti e che il restante 50% sia utilizzato per le operazioni di allevamento e mungitura.

Tabella 4. Dati di input e output relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino

Flussi/processi in input	U.M.	Valore	Dataset di riferimento	Banca dati
<b>Fase "Auto-produzione di alimenti zootecnici"</b>				
Urea	kg	2,79E-03	urea {RER}  market for urea   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Nitrato ammonio	kg	9,77E-05	ammonium nitrate {RER}  market for ammonium nitrate   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Carbonato potassio	kg	2,13E-05	inorganic potassium fertiliser, as K2O {IT}  market for inorganic potassium fertiliser, as K2O   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
N:P:K (20:10:10)	kg	5,97E-05	NPK (15-15-15) fertiliser {RER}  market for NPK (15-15-15) fertiliser   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Gasolio per coltivazione	MJ	3,36E-01	Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}  market for diesel, burned in agricultural machinery   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto fertilizzanti	tkm	2,97E-04	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
(Sulfonyl)Urea-compounds	g	3,02E-05	[sulfonyl]urea-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Acetamide-Anillide-compounds	g	2,35E-04	Acetamide-anillide-compound, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Benzoic-compounds	g	1,20E-04	Benzoic-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Dinitroaniline-compounds	g	1,31E-04	Dinitroaniline-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Non Classificati - Erbicidi	g	1,16E-04	Pesticide, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1

Non Classificati - Fungicidi	g	8,63E-05	Pesticide, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Phenoxy-compounds	g	1,59E-05	Phenoxy-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Pyretroid-Compounds	g	1,15E-05	Pyrethroid-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Pyridine compounds	g	7,99E-05	Pyridine-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Triazine	g	4,22E-04	Triazine-compound, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Urea compounds	g	3,84E-05	[sulfonyl]urea-compound {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto agrofarmaci	tkm	1,29E-07	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
<b>Fase "Allevamento e mungitura"</b>				
Gasolio per allevamento	MJ	3,36E-01	Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}  market for diesel, burned in agricultural machinery   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Metano	MJ	6,02E-02	Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, natural gas, at boiler atmospheric non-modulating <100kW   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Elettricità da rete	kWh	3,87E-02	Electricity, low voltage {IT}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Elettricità da fotovoltaico	kWh	3,73E-03	Electricity, low voltage {IT}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
GPL	kg	5,40E-01	liquefied petroleum gas {Europe without Switzerland}  market for liquefied petroleum gas   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Acqua per abbeverata da pozzo	kg	3,37E+00	Water, well, IT (flusso elementare)	Ecoinvent 3.7.1
Acqua per	L	3,37E+00	Tap water {RER}  market	Ecoinvent 3.7.1

abbeverata da rete			group for   Cut-off, U	
Barbabietola (polpa)	kg	1,71E-04	Sugar beet pulp {RoW}  beet sugar production   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Bicarbonato di sodio	kg	1,65E-04	Sodium bicarbonate {GLO}  market for sodium bicarbonate   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Colza (farina di estrazione)	kg	7,04E-04	Rape meal {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Cotone (seme)	kg	3,63E-04	Cottonseed {RoW}  market for cottonseed   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Fieno (erba medica, prato, graminacee)	kg	6,21E-02	Hay {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (granella)	kg	1,85E-03	Wheat grain, feed {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Girasole (farina di estrazione)	kg	3,74E-03	Sunflower silage {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Integratore minerali-vitamine	kg	2,05E-03	Mineral supplement, for beef cattle {GLO}  market for mineral supplement, for beef cattle   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Mais	kg	8,39E-02	Maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Mais insilato (silomais, cereali insilati fasciati, miscuglio insilato/fasciato)	kg	1,19E-02	Maize silage {RoW}  market for maize silage   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Orzo (orzo e trebbia birra)	kg	7,31E-03	Barley grain {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Paglia	kg	1,33E-02	Straw {RER}  market for straw   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Soia (fiocchi, farina di estrazione e favino)	kg	3,79E-02	Soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Lino (seme intero) in mangime per vacche in lattazione	kg	7,10E-03	Linseed seed, at farm {GLO}  market for linseed seed, at farm   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Mais (granella) in mangime per vacche in lattazione	kg	2,40E-02	Maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Minerali-vitamine in mangime per vacche in lattazione	kg	7,99E-03	Mineral supplement, for beef cattle {GLO}  market for mineral supplement, for beef cattle   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Melasso in mangime per	kg	4,44E-03	Molasses, from sugar beet {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1

vacche in lattazione				
Soia (tostata e farina di estrazione) in mangime per vacche in lattazione	kg	1,78E-02	Soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (crusca e cruschetto) in mangime per vacche in lattazione	kg	1,88E-02	Wheat bran {RoW}  market for wheat bran   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (seme) in mangime per vacche in lattazione	kg	8,88E-03	Wheat grain, feed {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Mais (tutolo, germe, granella e glutine) in mangime per vitelle	kg	5,98E-05	Maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Minerali-vitamine in mangime per vitelle	kg	9,45E-06	Mineral supplement, for beef cattle {GLO}  market for mineral supplement, for beef cattle   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Melasso in mangime per vitelle	kg	9,45E-06	Molasses, from sugar beet {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Soia (bucchette e farina di estrazione) in mangime per vitelle	kg	4,72E-05	Soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Bietola (polpe) in mangime per vitelle	kg	3,56E-05	Sugar beet pulp {RoW}  beet sugar production   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Girasole (farina di estrazione) in mangime per vitelle	kg	2,83E-05	Sunflower silage {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (seme e distiller) in mangime per vitelle	kg	5,04E-05	Wheat grain, feed {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (crusca e cruschetto) in mangime per vitelle	kg	5,67E-05	Wheat bran {RoW}  market for wheat bran   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (farina) in mangime per vitelle	kg	9,45E-06	Wheat flour mix {GLO}  market for wheat flour mix   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Minerali-vitamine in nucleo per vacche in lattazione	kg	3,21E-03	Mineral supplement, for beef cattle {GLO}  market for mineral supplement, for beef cattle   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1

Soia (semi tostati e farina di estrazione) in nucleo per vacche in lattazione	kg	3,21E-02	Soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Girasole (semi e farina di estrazione) in nucleo per vacche in lattazione	kg	1,61E-02	Sunflower silage {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Frumento (crusca e cruschetto) in nucleo per vacche in lattazione	kg	1,28E-02	Wheat bran {RoW}  market for wheat bran   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
Trasporto mangimi acquistati	tkm	3,79E-02	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U	Ecoinvent 3.7.1
<b>Flussi/processi in output</b>	<b>U.M</b>	<b>Valore</b>	<b>Dataset di riferimento</b>	<b>Banca dati</b>
<b>Fase "Auto-produzione di alimenti zootecnici"</b>				
Raw cow milk, at farm, produced in Northern Italy	kg	1	-	-
Ammonia, IT (aria)	kg	4,41E-03	-	-
Nitrogen monoxide, IT (aria)	kg	2,10E-04	-	-
Dinitrogen monoxide (aria)	kg	3,92E-04	-	-
Nicosulfuron (aria)	g	2,72E-06	-	-
Flufenacet (aria)	g	2,12E-05	-	-
Dicamba (aria)	g	1,08E-05	-	-
Pendimethalin (aria)	g	1,18E-05	-	-
Clomazone (aria)	g	1,05E-05	-	-
Pyraclostrobin (prop)	g	7,77E-06	-	-
2,4-D (aria)	g	1,43E-06	-	-
Tefluthrin (aria)	g	1,04E-06	-	-
Chlorpyrifos (aria)	g	7,19E-06	-	-
Mesotrione (aria)	g	3,80E-05	-	-
Diflubenzuron (aria)	g	3,45E-06	-	-

Nitrate (acqua)	kg	1,89E-02	-	-
Phosphorus, total, IT (acqua)	kg	1,31E-07	-	-
Nicosulfuron (acqua)	g	3,02E-07	-	-
Flufenacet (acqua)	g	2,35E-06	-	-
Dicamba (acqua)	g	1,20E-06	-	-
Pendimethalin (acqua)	g	1,31E-06	-	-
Clomazone (acqua)	g	1,16E-06	-	-
Pyraclostrobin (prop) (acqua)	g	8,63E-07	-	-
2,4-D (acqua)	g	1,59E-07	-	-
Tefluthrin (acqua)	g	1,15E-07	-	-
Chlorpyrifos (acqua)	g	7,99E-07	-	-
Mesotrione (acqua)	g	4,22E-06	-	-
Diflubenzuron (acqua)	g	3,84E-07	-	-
Nicosulfuron (suolo)	g	2,72E-05	-	-
Flufenacet (suolo)	g	2,12E-04	-	-
Dicamba (suolo)	g	1,08E-04	-	-
Pendimethalin (suolo)	g	1,18E-04	-	-
Clomazone (suolo)	g	1,05E-04	-	-
Pyraclostrobin (prop) (suolo)	g	7,77E-05	-	-
2,4-D (suolo)	g	1,43E-05	-	-
Tefluthrin (suolo)	g	1,04E-05	-	-
Chlorpyrifos (suolo)	g	7,19E-05	-	-
Mesotrione (suolo)	g	3,80E-04	-	-
Diflubenzuron (suolo)	g	3,45E-05	-	-
<b>Fase "Allevamento e mungitura"</b>				
Methane (aria)	kg	2,17E-02	-	-

#### 4.4.3 Sviluppo dei dataset

A seguito del presente studio è stato sviluppato il dataset "Raw cow milk, at farm, produced in Northern Italy (Latte crudo vaccino, all'azienda agrozootecnica, prodotto in Nord Italia)". Esso è di interesse generale per la filiera lattiero-casearia per i possibili utenti della banca dati ed è basato su dati solidi caratterizzati da una rappresentatività buona, sia primari che secondari.

## 4.5 Valutazione degli impatti ambientali

Secondo le indicazioni della Norma ISO 14040 (UNI EN ISO, 2021a), la fase di valutazione degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dal sistema di prodotto in esame. Tale fase consiste quindi nell'imputare i consumi e le emissioni a specifiche categorie di impatto, riferibili ad effetti ambientali conosciuti, e nel quantificare l'entità del contributo che il processo arreca agli effetti considerati.

La valutazione degli impatti in accordo alla ISO 14040 (UNI EN ISO, 2021a) si articola nelle seguenti fasi obbligatorie:

- Classificazione: assegnazione dei dati raccolti nell'inventario ad una o più categorie d'impatto ambientale selezionate;
- Caratterizzazione: calcolo dei risultati di ogni indicatore di categoria, per determinare il contributo relativo di ogni sostanza emessa o risorsa usata;
- Interpretazione dei risultati.

Come fasi opzionali della valutazione degli impatti di ciclo di vita, sono invece indicate dalla ISO 14040 (UNI EN ISO, 2021a) le operazioni di normalizzazione, raggruppamento e ponderazione (pesatura).

Ai fini del presente studio LCA di filiera è stato utilizzato il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0 (Zampori e Pant, 2019) e i risultati delle fasi appena descritte sono riportate nei paragrafi successivi.

### 4.5.1 Caratterizzazione

In Tabella 5 sono indicati i risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte vaccino crudo prodotto in Nord Italia, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase "Auto-produzione di alimenti zootecnici" e alla fase "Allevamento e mungitura".

Tabella 5. Risultati di caratterizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi "Auto-produzione di alimenti zootecnici" e "Allevamento e mungitura"

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Auto-produzione di alimenti zootecnici	Allevamento e mungitura
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	1,76E+00	1,63E-01	1,60E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,20E-07	7,75E-09	5,13E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,50E-01	2,73E-03	1,47E-01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,34E-03	4,15E-04	3,92E-03
Particulate matter	disease inc.	1,39E-07	9,43E-08	4,47E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,20E-08	1,43E-09	1,06E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	5,53E-10	3,92E-11	5,14E-10
Acidification	mol H <sup>+</sup> eq	8,11E-03	8,96E-04	7,21E-03
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,12E-04	7,03E-06	1,05E-04
Eutrophication, marine	kg N eq	7,66E-03	4,81E-03	2,85E-03
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	5,59E-02	3,84E-02	1,76E-02
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,14E+01	1,72E+00	2,97E+01

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Auto-produzione di alimenti zootecnici	Allevamento e mungitura
Land use	Pt	3,12E+01	6,86E-01	3,05E+01
Water use	m <sup>3</sup> depriv.	9,16E-01	1,21E-02	9,04E-01
Resource use, fossils	MJ	3,30E+01	6,32E-01	3,23E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,58E-06	5,34E-07	3,05E-06
Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq	1,56E+00	1,63E-01	1,40E+00
Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq	9,61E-04	1,48E-04	8,12E-04
Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq	2,01E-01	3,90E-05	2,01E-01
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	7,21E-10	5,49E-11	6,66E-10
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	3,41E-09	3,13E-10	3,09E-09
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	7,94E-09	1,07E-09	6,87E-09
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	2,00E-10	1,77E-11	1,83E-10
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	3,53E-10	2,15E-11	3,32E-10
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	5,95E+00	3,84E-01	5,57E+00
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	7,49E+00	7,08E-01	6,78E+00
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,80E+01	6,28E-01	1,74E+01

#### 4.5.2 Normalizzazione

In Tabella 6 sono indicati i risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e alla fase “Allevamento e mungitura”. Come indicato al paragrafo 4.2.6, si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di normalizzazione nel metodo di valutazione degli impatti EF 3.0.

Tabella 6. Risultati di normalizzazione relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto in Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e “Allevamento e mungitura”

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Auto-produzione di alimenti zootecnici	Allevamento e mungitura
Climate change	-	2,18E-04	2,02E-05	1,97E-04
Ozone depletion	-	9,70E-06	1,44E-07	9,55E-06
Ionising radiation	-	3,55E-05	6,46E-07	3,49E-05
Photochemical ozone formation	-	1,07E-04	1,02E-05	9,66E-05
Particulate matter	-	2,34E-04	1,58E-04	7,52E-05
Human toxicity, non-cancer	-	5,23E-05	6,23E-06	4,60E-05
Human toxicity, cancer	-	3,27E-05	2,32E-06	3,04E-05
Acidification	-	1,46E-04	1,61E-05	1,30E-04
Eutrophication, freshwater	-	7,00E-05	4,37E-06	6,56E-05
Eutrophication, marine	-	3,92E-04	2,46E-04	1,46E-04
Eutrophication, terrestrial	-	3,17E-04	2,17E-04	9,93E-05
Ecotoxicity, freshwater	-	7,36E-04	4,00E-05	6,96E-04
Land use	-	3,81E-05	8,37E-07	3,73E-05

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Auto-produzione di alimenti zootecnici	Allevamento e mungitura
Water use	-	7,98E-05	1,05E-06	7,88E-05
Resource use, fossils	-	5,07E-04	9,72E-06	4,97E-04
Resource use, minerals and metals	-	5,62E-05	8,38E-06	4,79E-05

#### 4.5.3 Pesatura

In Tabella 7 sono indicati i risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia, suddivisi tra risultati totali, risultati relativi alla fase “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e alla fase “Allevamento e mungitura”. Come indicato al paragrafo 4.2.6, si sono considerate solamente le categorie di impatto per le quali sono presenti fattori di pesatura nel metodo di valutazione degli impatti EF 3.0.

Tabella 7. Risultati di pesatura relativi alla produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia: impatto totale e impatti relativi alle fasi “Auto-produzione di alimenti zootecnici” e “Allevamento e mungitura”

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Auto-produzione di alimenti zootecnici	Allevamento e mungitura
Totale	μPt	1,81E+02	3,80E+01	1,43E+02
Climate change	μPt	4,58E+01	4,25E+00	4,16E+01
Ozone depletion	μPt	6,12E-01	9,12E-03	6,03E-01
Ionising radiation	μPt	1,78E+00	3,24E-02	1,75E+00
Photochemical ozone formation	μPt	5,11E+00	4,89E-01	4,62E+00
Particulate matter	μPt	2,09E+01	1,42E+01	6,73E+00
Human toxicity, non-cancer	μPt	9,62E-01	1,15E-01	8,47E-01
Human toxicity, cancer	μPt	6,97E-01	4,93E-02	6,48E-01
Acidification	μPt	9,05E+00	1,00E+00	8,05E+00
Eutrophication, freshwater	μPt	1,96E+00	1,22E-01	1,84E+00
Eutrophication, marine	μPt	1,16E+01	7,29E+00	4,31E+00
Eutrophication, terrestrial	μPt	1,17E+01	8,06E+00	3,68E+00
Ecotoxicity, freshwater	μPt	1,41E+01	7,68E-01	1,34E+01
Land use	μPt	3,03E+00	6,64E-02	2,96E+00
Water use	μPt	6,79E+00	8,96E-02	6,71E+00
Resource use, fossils	μPt	4,22E+01	8,08E-01	4,14E+01
Resource use, minerals and metals	μPt	4,25E+00	6,33E-01	3,61E+00

#### 4.5.4 Analisi di sensitività

##### 4.5.4.1 Quantità di agrofarmaci utilizzata dalle aziende agrozootecniche e relative emissioni dirette in campo

Nello studio di filiera, si sono considerati i dati primari relativi agli agrofarmaci utilizzati per la produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti relativi alle 5 aziende coinvolte nel progetto LIFE Forage4climate, in quanto gli unici disponibili. Nella fase di modellazione (Scenario base - A), perciò, la quantità di agrofarmaci usata da quelle 5 aziende risulta essere il totale degli agrofarmaci usati per produrre il totale di latte considerato nello studio di filiera (119.010 t) (par. 4.4).

Tuttavia, è verosimile che anche le restanti 93 aziende facciano uso di agrofarmaci: si è perciò effettuata un'analisi di sensitività, considerando uno Scenario alternativo (B) in cui la quantità di agrofarmaci media utilizzata dalle 5 aziende di Forage4climate, e riferita a 1 kg di latte, è usata anche nelle aziende coinvolte nel progetto LIFE DOP.

In dettaglio, nell'analisi di sensitività (Scenario B), le quantità di agrofarmaci utilizzate e le emissioni dirette dovute al loro utilizzo in campo, risultano quelle di Tabella 8.

*Tabella 8. Quantità di agrofarmaci utilizzata in input nell'analisi di sensitività, riferita a 1 kg di latte prodotto, ed emissioni in aria, acqua e suolo derivanti dall'utilizzo degli agrofarmaci in campo, riferiti a 1 kg di latte prodotto (Scenario B)*

<b>Flusso in input</b>	<b>U.M</b>	<b>Valore</b>
(Sulfonyl)Urea-compounds	g	4,95E-04
Acetamide-Anillide-compounds	g	3,85E-03
Benzoic-compounds	g	1,96E-03
Dinitroaniline-compounds	g	2,14E-03
Non Classificati - Erbicidi	g	1,90E-03
Non Classificati - Fungicidi	g	1,41E-03
Phenoxy-compounds	g	2,61E-04
Pyretroid-Compounds	g	1,88E-04
Pyridine compounds	g	1,31E-03
Triazine	g	6,90E-03
Urea compounds	g	6,28E-04
Trasporto agrofarmaci	tkm	2,11E-06
<b>Flusso in output</b>	<b>U.M</b>	<b>Valore</b>
Nicosulfuron (aria)	g	4,45E-05
Flufenacet (aria)	g	3,47E-04
Dicamba (aria)	g	1,77E-04
Pendimethalin (aria)	g	1,93E-04
Clomazone (aria)	g	1,71E-04
Pyraclostrobin (prop)	g	1,27E-04
2,4-D (aria)	g	2,35E-05
Tefluthrin (aria)	g	1,70E-05
Chlorpyrifos (aria)	g	1,18E-04
Mesotrione (aria)	g	6,21E-04
Diflubenzuron (aria)	g	5,65E-05
Nicosulfuron (acqua)	g	4,95E-06
Flufenacet (acqua)	g	3,85E-05
Dicamba (acqua)	g	1,96E-05
Pendimethalin (acqua)	g	2,14E-05
Clomazone (acqua)	g	1,90E-05
Pyraclostrobin (prop) (acqua)	g	1,41E-05
2,4-D (acqua)	g	2,61E-06
Tefluthrin (acqua)	g	1,88E-06
Chlorpyrifos (acqua)	g	1,31E-05

Flusso in input	U.M	Valore
Mesotrione (acqua)	g	6,90E-05
Diflubenzuron (acqua)	g	6,28E-06
Nicosulfuron (suolo)	g	4,45E-04
Flufenacet (suolo)	g	3,47E-03
Dicamba (suolo)	g	1,77E-03
Pendimethalin (suolo)	g	1,93E-03
Clomazone (suolo)	g	1,71E-03
Pyraclostrobin (prop) (suolo)	g	1,27E-03
2,4-D (suolo)	g	2,35E-04
Tefluthrin (suolo)	g	1,70E-04
Chlorpyrifos (suolo)	g	1,18E-03
Mesotrione (suolo)	g	6,21E-03
Diflubenzuron (suolo)	g	5,65E-04

La Tabella 9 mostra i risultati della fase di caratterizzazione relativi al confronto tra la produzione di 1 kg di latte ottenuto considerando che la quantità di agrofarmaci utilizzata sia pari a quella raccolta nelle 5 aziende campionate (Scenario base A) e 1 kg di latte ottenuto considerando che tutte le aziende utilizzino gli agrofarmaci (Scenario alternativo B). La tabella mostra inoltre la variazione percentuale tra gli impatti totali dello Scenario base (A) e quelli dello Scenario alternativo (B).

Come si evince dai risultati, nelle categorie di impatto più rilevanti (per maggiori dettagli sull'identificazione delle categorie più rilevanti si veda par. 4.6.1), solamente in Ecotoxicity, freshwater gli impatti totali dello scenario alternativo sono maggiori di una percentuale poco superiore al 17% rispetto allo scenario base. In tutte le altre categorie di impatto significative la variazione percentuale oscilla dallo 0,01% allo 0,03%: in tali categorie di impatto quindi il calcolo della quantità di agrofarmaci utilizzata, e delle relative emissioni dirette in campo, non ha influenza significativa sui risultati.

Variazioni più importanti si registrano nelle categorie di impatto (non rilevanti) Ecotoxicity, freshwater- organics (+92%) e Human toxicity, non cancer- organics (+ 63%).

Si suggerisce perciò all'utilizzatore della banca dati di effettuare una modellazione più dettagliata degli agrofarmaci utilizzati, in modo da ottenere risultati che siano il più robusti possibile.

Tabella 9. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario alternativo B.

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base) (A)	Impatto totale con variazione quantità agrofarmaci (Scenario alternativo) (B)	Variazione percentuale (B-A/A)
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	1,76E+00	1,76E+00	0,01%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,20E-07	5,21E-07	0,08%

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base) (A)	Impatto totale con variazione quantità agrofarmaci (Scenario alternativo) (B)	Variazione percentuale (B-A/A)
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,50E-01	1,50E-01	0,01%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,34E-03	4,34E-03	0,02%
Particulate matter	disease inc.	1,39E-07	1,39E-07	0,01%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,20E-08	1,25E-08	3,90%
Human toxicity, cancer	CTUh	5,53E-10	5,54E-10	0,05%
Acidification	mol H+ eq	8,11E-03	8,11E-03	0,03%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,12E-04	1,13E-04	0,06%
Eutrophication, marine	kg N eq	7,66E-03	7,66E-03	0,01%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	5,59E-02	5,59E-02	0,01%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,14E+01	3,69E+01	17,47%
Land use	Pt	3,12E+01	3,12E+01	0,00%
Water use	m <sup>3</sup> depriv.	9,16E-01	9,16E-01	0,01%
Resource use, fossils	MJ	3,30E+01	3,30E+01	0,01%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,58E-06	3,58E-06	0,08%
Climate change - Fossil	kg CO <sub>2</sub> eq	1,56E+00	1,56E+00	0,01%
Climate change - Biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq	9,61E-04	9,61E-04	0,04%
Climate change - Land use and LU change	kg CO <sub>2</sub> eq	2,01E-01	2,01E-01	0,00%
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	7,21E-10	1,16E-09	60,35%
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	3,41E-09	3,44E-09	0,92%
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	7,94E-09	7,94E-09	0,02%
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	2,00E-10	2,01E-10	0,10%
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0,00%
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	3,53E-10	3,53E-10	0,02%
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	5,95E+00	1,14E+01	92,00%
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	7,49E+00	7,49E+00	0,10%
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,80E+01	1,80E+01	0,03%

#### 4.5.4.2 Mangimi acquistati e mangimi complementari

Nello studio, in mancanza di dataset specifici in Ecoinvent per rappresentare alcune tipologie di mangimi acquistati e di alimenti contenuti nei mangimi complementari, si sono utilizzati dei proxy per modellare tali prodotti/ingredienti. Dall'analisi dei risultati di normalizzazione (Tabella 6), si evidenzia come due prodotti/ingredienti in particolare, mais e soia, nelle loro varie declinazioni (es. soia focchi, soia buccette, mais tutolo, ecc.; si veda a questo proposito la Tabella 4 per maggiori dettagli sulle tipologie di prodotti/ingredienti utilizzati), contribuiscono per il 53% al totale dei risultati della fase di normalizzazione.

E' stata perciò effettuata un'analisi di sensitività considerando uno Scenario alternativo (C) in cui si sono utilizzati dataset differenti, sempre inclusi nella banca dati Ecoinvent 3.7.1, per modellare alcune tipologie di alimenti a base di soia e mais (Tabella 10).

La Tabella 11 mostra i risultati della fase di caratterizzazione relativi al confronto tra la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino ottenuto considerando i dataset scelti nello studio di filiera per modellare i differenti alimenti a base di mais e soia (Scenario base A) e 1 kg di latte crudo vaccino ottenuto considerando dataset differenti per modellare tali alimenti (Scenario alternativo C). La tabella mostra inoltre la variazione percentuale tra gli impatti totali dello Scenario base (A) e quelli dello Scenario alternativo (C).

Come si evince dai risultati, nelle categorie di impatto più rilevanti, la variazione percentuale oscilla dall'1% al 6% in tali categorie di impatto quindi la scelta dei dataset per modellare gli alimenti a base di mais e soia non ha influenza significativa sui risultati.

Variazioni leggermente più significative si registrano nelle categorie di impatto (non rilevanti) Human toxicity, non-cancer – organics (+14%) e Ecotoxicity, freshwater – organics (+13%).

Tabella 10. Alimenti e relativo processo in input, dataset utilizzato nello Scenario base (A) e nello Scenario alternativo (C)

<b>Scenario base (A)</b>	
<b>Alimento e processo in input</b>	<b>Dataset</b>
<b>SOIA</b>	
Soia (fiocchi, farina di estrazione e favino)	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Soia (tostata e farina di estrazione) in mangime per vacche in lattazione	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Soia (bucchette e farina di estrazione) in mangime per vitelle	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Soia (semi tostati e farina di estrazione) in nucleo per vacche in lattazione	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
<b>MAIS</b>	
Mais	maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U
Mais insilato (silomais, cereali insilati fasciati, miscuglio insilato/fasciato)	maize silage {RoW}  market for maize silage   Cut-off, U
Mais (granella) in mangime per vacche in lattazione	maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U
Mais (tutolo, germe, granella e glutine) in mangime per vitelle	maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U
<b>Scenario alternativo (C)</b>	
<b>Alimento e processo in input</b>	<b>Dataset</b>
<b>SOIA</b>	
Soia fiocchi	Soybean, feed {GLO}  market for   Cut-off, U
Soia farina estrazione	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Favino	Soybean, feed {GLO}  market for   Cut-off, U
Soia tostata in mangime per vacche in lattazione	Soybean, feed {GLO}  market for   Cut-off, U
Soia farina di estrazione in mangime per vacche in lattazione	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Soia buccette in mangime per vitelle	Soybean, feed {GLO}  market for   Cut-off, U
Soia farina di estrazione in mangime per vitelle	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-off, U
Soia semi tostati in nucleo per vacche in lattazione	Soybean, feed {GLO}  market for   Cut-off, U
Soia farina di estrazione in nucleo per vacche in	soybean meal {RoW}  market for soybean meal   Cut-

lattazione	off, U
<b>MAIS</b>	
Mais	maize flour {RoW}  market for maize flour   Cut-off, U
Mais insilato (silomais, cereali insilati fasciati, miscuglio insilato/fasciato)	maize silage {RoW}  market for maize silage   Cut-off, U
Mais (granella) in mangime per vacche in lattazione	maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U
Mais (tutolo) in mangime per vitelle	maize chop {RoW}  market for maize chop   Cut-off, U
Mais (germe, granella e glutine) in mangime per vitelle	maize grain {RoW}  market for maize grain   Cut-off, U

Tabella 11. Risultati di caratterizzazione relativi al confronto tra Scenario base A e Scenario alternativo C.

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale studio di filiera (Scenario base) (A)	Impatto totale con variazione mangimi (Scenario alternativo) (C)	Variazione percentuale (C-A/A)
Climate change	kg CO2 eq	1,76E+00	1,79E+00	2%
Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,20E-07	5,22E-07	0%
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,50E-01	1,51E-01	1%
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,34E-03	4,43E-03	2%
Particulate matter	disease inc.	1,39E-07	1,41E-07	1%
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,20E-08	1,30E-08	8%
Human toxicity, cancer	CTUh	5,53E-10	5,88E-10	6%
Acidification	mol H+ eq	8,11E-03	8,36E-03	3%
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,12E-04	1,22E-04	9%
Eutrophication, marine	kg N eq	7,66E-03	7,79E-03	2%
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	5,59E-02	5,69E-02	2%
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,14E+01	3,32E+01	6%
Land use	Pt	3,12E+01	3,21E+01	3%
Water use	m3 depriv.	9,16E-01	9,76E-01	7%
Resource use, fossils	MJ	3,30E+01	3,32E+01	1%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,58E-06	3,84E-06	7%
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,56E+00	1,58E+00	1%
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	9,61E-04	9,91E-04	3%
Climate change - Land use and LU change	kg CO2 eq	2,01E-01	2,13E-01	6%
Human toxicity, non-cancer - organics	CTUh	7,21E-10	8,22E-10	14%
Human toxicity, non-cancer - inorganics	CTUh	3,41E-09	3,59E-09	5%
Human toxicity, non-cancer - metals	CTUh	7,94E-09	8,61E-09	8%
Human toxicity, cancer - organics	CTUh	2,00E-10	2,15E-10	7%
Human toxicity, cancer - inorganics	CTUh	0,00E+00	0,00E+00	0%
Human toxicity, cancer - metals	CTUh	3,53E-10	3,73E-10	6%
Ecotoxicity, freshwater - organics	CTUe	5,95E+00	6,74E+00	13%
Ecotoxicity, freshwater - inorganics	CTUe	7,48E+00	7,63E+00	2%
Ecotoxicity, freshwater - metals	CTUe	1,80E+01	1,88E+01	4%

## 4.6 Interpretazione dei risultati

L'interpretazione di uno studio di ciclo di vita, svolta sulla base di una analisi critica dei risultati delle fasi precedenti, è finalizzata a comprendere la ragionevolezza del risultato finale di tutto l'impatto ambientale, trarre le conclusioni, spiegare le limitazioni dei risultati ottenuti, nonché fornire delle raccomandazioni sulla base degli stessi risultati.

Le evidenze dell'interpretazione dei risultati del presente studio LCA di filiera, svolta in accordo alle indicazioni della ISO 14040 (UNI EN ISO, 2021a), sono riportate nei paragrafi successivi.

### 4.6.1 Categorie di impatto rilevanti

L'analisi dei risultati derivanti dalla normalizzazione (Tabella 6, Figura 9) mostra come le categorie di impatto più rilevanti (calcolate considerando il contributo cumulativo delle categorie che contribuiscono per l'80% ai risultati totali della fase di normalizzazione) per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino rappresentativo della produzione media del Nord Italia siano Ecotoxicity Freshwater (24% sul totale dei risultati di normalizzazione), Resource use, fossils (17%), Eutrophication, marine (13%), Eutrophication, terrestrial (10%), Particulate matter (8%), Climate change (7%) e Acidification (5%).

La rilevanza preponderante di tali categorie d'impatto è dovuta alle emissioni generate durante la coltivazione dei foraggi da parte dell'azienda agrozootecnica, all'energia usata in stalla e alla produzione di alimenti e lettiera acquistati. Per la categoria Climate change, l'impatto dipende principalmente dalle emissioni di metano da fermentazione enterica e dalle emissioni legate alla gestione di letame e liquame (45%), e per il resto dai processi citati sopra.

L'analisi dei risultati derivanti dalla pesatura (Tabella 7, Figura 10) (calcolate considerando il contributo cumulativo delle categorie che contribuiscono per l'80% all'impatto totale della fase di pesatura) mostra come le categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino rappresentativo della produzione media del Nord Italia siano Climate Change (25% sul totale dei risultati di pesatura), Resource use, fossils (23%), Particulate matter (12%), Ecotoxicity, freshwater (8%), Eutrophication, terrestrial (7%) e Eutrophication, marine (6%).

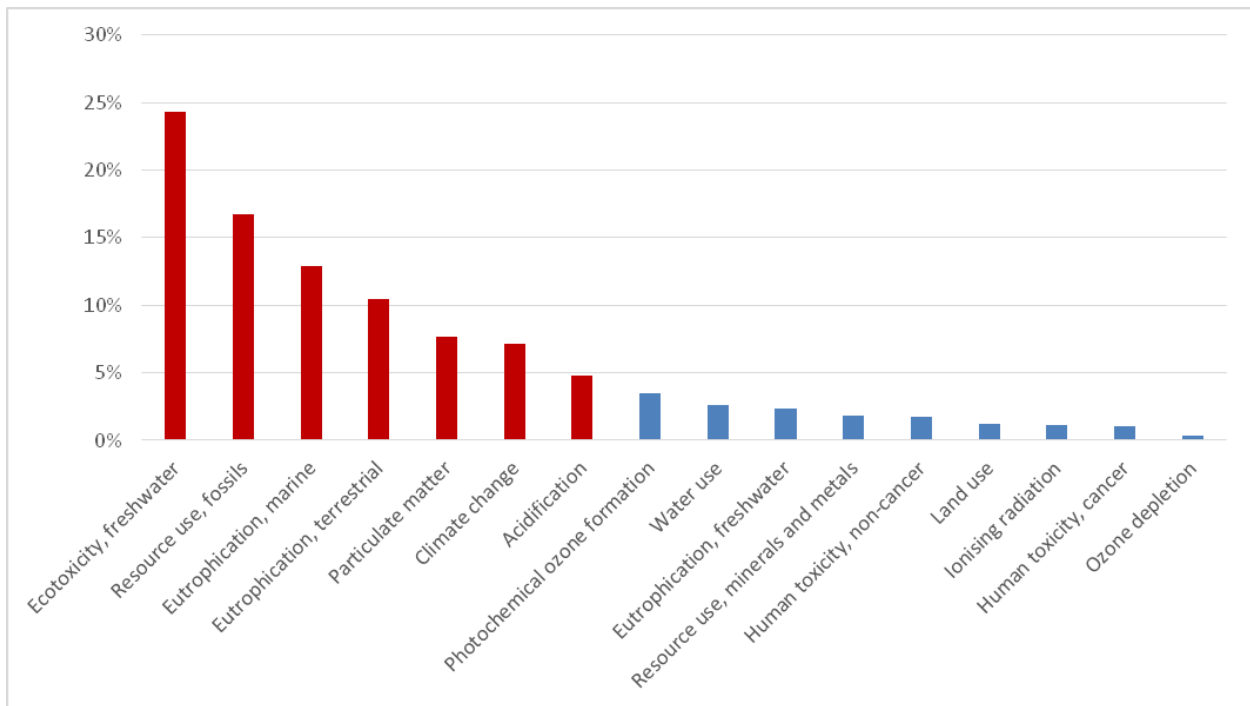


Figura 9. Categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte vaccino crudo nel Nord Italia – Normalizzazione (Fonte: Elaborazione ENEA)

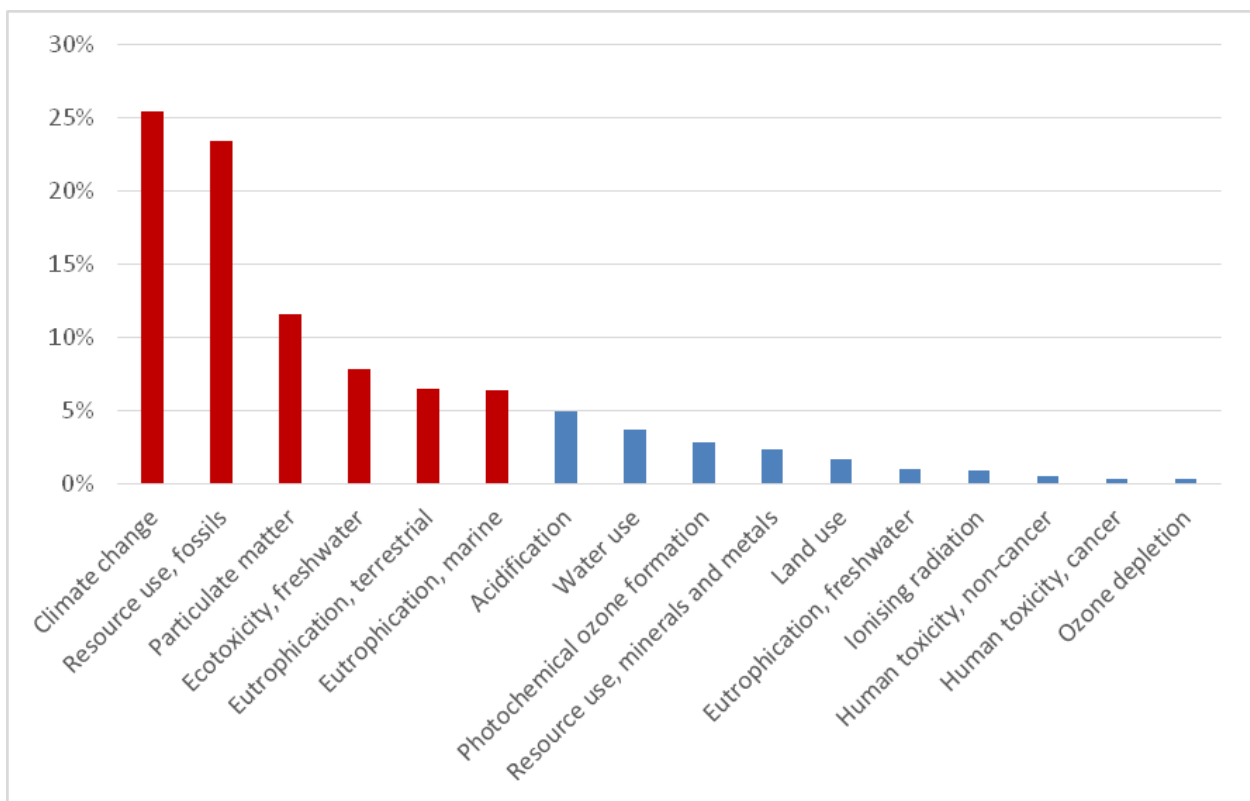


Figura 10. Categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte vaccino crudo nel Nord Italia – Pesatura (Fonte: Elaborazione ENEA)

#### 4.6.2 Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

A livello di fasi del ciclo di vita, analizzando i risultati della normalizzazione, si può notare (Tabella 5 e Tabella 6) come la fase “Auto-produzione di alimenti zootecnici” sia preponderante per tre delle categorie d’impatto più significative: essa contribuisce per il 63% del totale della

categoria Eutrophication, marine, per il 69% di Eutrophication, terrestrial e per il 68% di Particulate matter.

La fase "Allevamento e mungitura" è invece preponderante per le categorie di impatto Ecotoxicity Freshwater (94 % del totale), Resource use, fossil (98%), Climate change (91%) e Acidification (89%).

Analizzando le categorie di impatto più significative e i processi principali che costituiscono il ciclo di vita della produzione di 1 kg di latte crudo vaccino (Figura 11 e Tabella 12), considerando i risultati della normalizzazione, si evidenzia come il contributo maggiore provenga:

- per la categoria Ecotoxicity, freshwater dall'energia usata in stalla (51% del totale) e da alimenti e lettiera acquistati (43%);
- per la categoria Resource use, fossils dall'energia usata in stalla (93% del totale);
- per la categoria Eutrophication, marine dalle emissioni dirette da auto-produzione di alimenti zootecnici (61% del totale) e da alimenti e lettiera acquistati (28%);
- per la categoria Eutrophication, terrestrial dalle emissioni dirette da auto-produzione di alimenti zootecnici (66% del totale) e da alimenti e lettiera acquistati (17%);
- per la categoria Particulate matter dalle emissioni dirette da auto-produzione di alimenti zootecnici (67% del totale) e dall'energia usata in stalla (19%);
- per la categoria Climate change dalle emissioni dirette da allevamento e mungitura (45% del totale), dall'energia usata in stalla (23%) e da alimenti e lettiera acquistati (22%);
- per la categoria Acidification dall'energia usata in stalla (59% del totale) e da alimenti e lettiera acquistati (30%).

Per le varie categorie, gli altri processi forniscono un contributo pari o inferiore al 14%.

Tabella 12. Contributi percentuali alle categorie di impatto più rilevanti dei vari processi per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia

Categoria d'impatto	Totale	Fase "Auto-produzione di alimenti zootecnici"						Fase "Allevamento e mungitura"				
		Emissioni dirette da auto-produzione di alimenti zootecnici	Fertilizzanti chimici	Trasporto dei fertilizzanti chimici	Agro-farmaci	Trasporto degli agro-farmaci	Energia usata per la coltivazione	Emissioni dirette da allevamento e mungitura	Acqua per abbeverata	Alimenti e lettiera acquistati	Trasporto degli alimenti e della lettiera acquistati	Energia usata in stalla
Ecotoxicity, freshwater	100%	3%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	43%	0%	51%
Resource use, fossils	100%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	5%	0%	93%
Eutrophication, marine	100%	61%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	28%	0%	9%
Eutrophication, terrestrial	100%	66%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	17%	0%	14%
Particulate matter	100%	67%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	13%	0%	19%
Climate change	100%	7%	0%	0%	0%	0%	2%	45%	0%	22%	0%	23%
Acidification	100%	7%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	30%	0%	59%

Nota: a causa degli arrotondamenti la somma dei contributi percentuali dei vari processi potrebbe non essere pari a 100%.

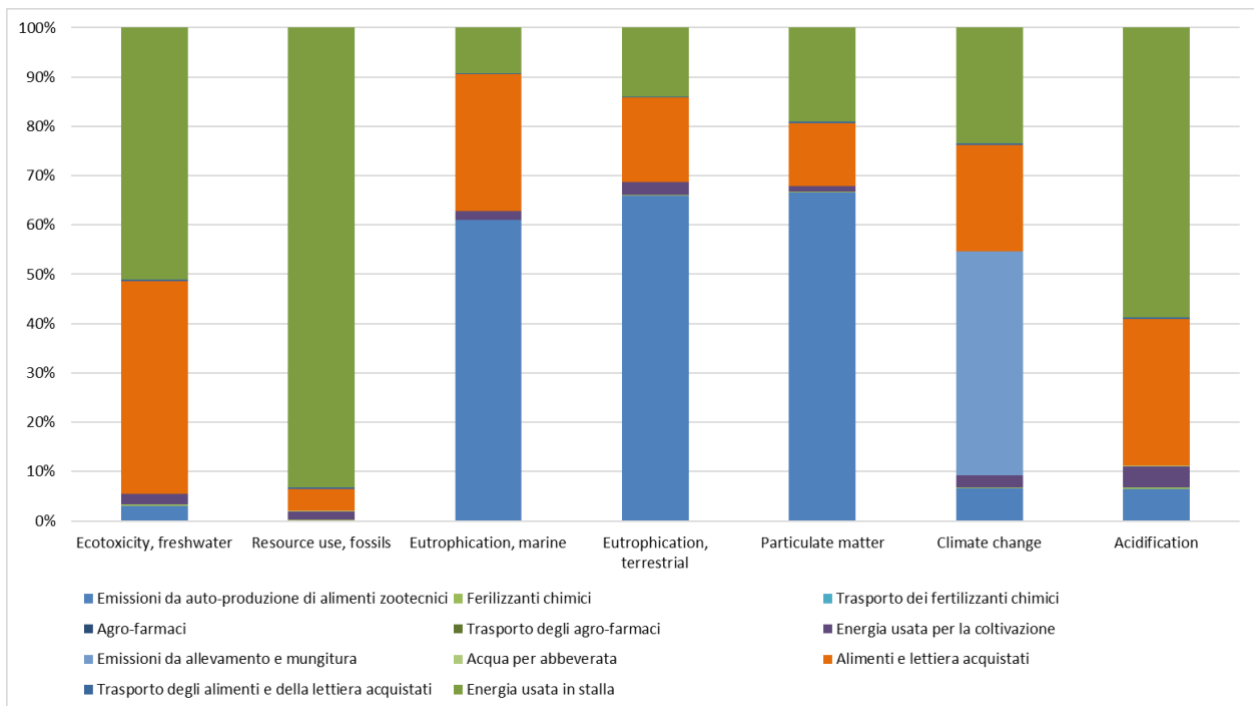


Figura 11. Contributi percentuali alle categorie di impatto più rilevanti dei vari processi per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino nel Nord Italia (Fonte: Elaborazione ENEA)

#### 4.6.3 Flussi elementari rilevanti

Nella categoria Ecotoxicity Freshwater, i flussi elementari più rilevanti nel ciclo di vita di 1 kg di latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia sono quelli relativi alle emissioni di zolfo e cloro in acqua (rispettivamente 22% e 21% della categoria) e di alluminio in suolo e aria (rispettivamente 19% e 10%). Esse sono correlate alla produzione degli alimenti zootecnici acquistati, in particolare mais, fieno e soia, e all'uso di energia, in particolare GPL, in stalla e, in misura minore, in campagna.

Il flusso elementare relativo al consumo di petrolio greggio, come materia prima per la produzione del GPL usato in stalla, contribuisce al 91% della categoria Resource Use, fossils.

Nella categoria Eutrophication, marine, il flusso elementare più significativo è costituito dalle emissioni di nitrato in acqua, che rappresentano l'80% del totale della categoria, legate quasi totalmente alle emissioni prodotte durante la produzione di alimenti zootecnici da parte dell'azienda agrozootecnica.

Il flusso più rilevante per la categoria Eutrophication, terrestrial è costituito dalle emissioni di ammoniaca in aria, che rappresentano il 78% del totale della categoria. Esse dipendono dalla produzione di alimenti zootecnici, sia interni all'azienda (84% del flusso) che di quelli acquistati all'esterno.

Per la categoria Particulate matter i flussi più rilevanti sono le emissioni in aria di ammoniaca (75% del totale della categoria) e di particolato < 2.5 um (16%). Le prime sono generate quasi totalmente (99% del flusso) dalla produzione di alimenti zootecnici, sia di quelli autoprodotti nell'azienda che di quelli acquistati, mentre le seconde dipendono principalmente dai carburanti usati in stalla (67% del flusso), in particolare GPL, e in campo (5%).

I flussi più rilevanti per la categoria Climate change sono le emissioni in aria di metano (45% del totale della categoria) e di anidride carbonica fossile (30%). Le prime derivano quasi totalmente

dalla fermentazione enterica e dalla gestione di letame e liquame, mentre le seconde dipendono principalmente (66%) dai carburanti usati in stalla.

Nella categoria Acidification i flussi più rilevanti sono le emissioni in aria di anidride solforosa (48% del totale della categoria), ammoniacca (26%) e ossidi di azoto (26%). Le emissioni di anidride solforosa sono legate principalmente (88% del flusso) al combustibile usato in stalla, in particolare GPL. Le emissioni di ammoniacca dipendono dalla produzione degli alimenti zootecnici, sia di quelli autoprodotti che di quelli acquistati. Le emissioni di ossidi di azoto dipendono principalmente (62% del flusso) dai carburanti usati in stalla.

#### 4.7 Conclusioni

Nel presente report sono presentati i risultati di uno specifico studio LCA applicato alla filiera del latte crudo vaccino prodotto nel Nord Italia, ed in particolare ad 1 kg di latte crudo vaccino prodotto presso le aziende agrozootecniche, senza successivi trattamenti o trasformazioni. Il latte crudo vaccino può essere utilizzato nel settore lattiero-caseario per successive lavorazioni e trasformazioni, per ottenere varie tipologie di prodotti (es. latte da bere, burro, yogurt, formaggi, ecc.).

Lo studio è stato svolto sulla base di dati primari disponibili a livello di filiera, estratti ed elaborati a partire da un insieme di dati messi a disposizione dall'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia. L'insieme di dati è stato raccolto dal gruppo dell'Università di Milano presso aziende del settore durante i progetti LIFE Forage4climate e LIFE DOP e sono riferiti alla produzione di latte crudo vaccino per l'anno 2019, e sono rappresentativi della filiera media del Nord Italia di questa tipologia di latte e delle tecnologie (tipologie di strutture, razioni degli animali, macchinari, attrezzature, ecc.) in essa impiegate. L'unità funzionale è 1 kg di latte crudo vaccino, prodotto intermedio destinato a essere trattato e lavorato per ottenere altri prodotti della filiera lattiero-casearia.

Lo studio LCA è stato svolto adottando un approccio "cradle-to-gate", ovvero considerando tutti i processi fino al "cancello dell'azienda agrozootecnica", senza includere il trattamento e la lavorazione del latte crudo vaccino per la sua trasformazione in altri prodotti lattiero-caseari, la distribuzione del prodotto ai successivi trasformatori (es. caseifici, centrali del latte), e le successive fasi di uso e fine vita (ad es. eventuale bollitura presso il consumatore o il processo di smaltimento del latte non utilizzato o non conforme alle norme igieniche). Tale scelta dei confini del sistema, che vanno dalla fase agricola di produzione degli alimenti zootecnici fino all'allevamento degli animali e alla loro mungitura, è ritenuta rilevante per le attività delle aziende di trasformazione e lavorazione del latte crudo vaccino.

I risultati dello studio LCA, ottenuti tramite il metodo di valutazione degli impatti EF 3.0, che costituisce il metodo di valutazione sostenuto dall'iniziativa della Commissione Europea sull'impronta ambientale perché consente di ottenere un profilo di impatto completo a livello prodotto, indicano che:

- Le categorie di impatto più rilevanti per la produzione di 1 kg di latte crudo vaccino sono Ecotoxicity Freshwater, Resource use, fossils, Eutrophication, marine, Eutrophication, terrestrial, Particulate matter, Climate change e Acidification legate alle emissioni

generate durante la coltivazione dei foraggi da parte dell'azienda agrozootecnica, all'energia usata in stalla e alla produzione di alimenti e lettiera acquistati.

- I processi preponderanti in tutte le categorie di impatto sono l'energia usata in stalla, la produzione degli alimenti zootecnici e della lettiera (acquistati dall'esterno), le emissioni dirette da autoproduzione di alimenti zootecnici, le emissioni dirette durante l'allevamento e la mungitura.
- La produzione ed il trasporto dei fertilizzanti chimici, degli agrofarmaci, l'energia usata per la coltivazione delle colture, il consumo di acqua per l'abbeverata e il trasporto degli alimenti e della lettiera acquistati contribuiscono in modo meno rilevante alle categorie di impatto più significative.
- Nel ciclo di vita di 1 kg di latte crudo vaccino i flussi elementari più rilevanti sono i seguenti: emissioni di zolfo e cloruro in acqua e di alluminio in suolo e aria correlati alla produzione degli alimenti zootecnici acquistati e all'uso di energia in stalla e in campagna; consumo di petrolio greggio come materia prima per la produzione del GPL usato in stalla; emissioni di nitrato in acqua, legate quasi totalmente alle emissioni prodotte durante la produzione di alimenti zootecnici da parte dell'azienda agrozootecnica; emissioni in aria di ammoniaca, di particolato < 2.5 um, di anidride solforosa e di ossidi di azoto, generate dalla produzione di alimenti zootecnici (autoprodotti ed acquistati) e dai carburanti usati in stalla ed in campo; emissioni in aria di metano e di anidride carbonica fossile, derivanti dalla fermentazione enterica e dalla gestione di letame e liquame e dall'uso dei carburanti in stalla.

I risultati della categoria Climate change sono pari ad un totale di 1,76 kg CO<sub>2</sub> eq. /1 kg di latte crudo vaccino, di cui 0,16 kg CO<sub>2</sub> eq. associati alla produzione degli alimenti zootecnici autoprodotti dalle aziende agrozootecniche, e i restanti 1,60 kg CO<sub>2</sub> eq. associati all'allevamento dei bovini da latte e dalla loro mungitura.

In letteratura esistono molti studi LCA di prodotti analoghi al latte crudo vaccino analizzato in questo report. Il confronto tra i risultati del presente studio e quelli di letteratura non è comunque immediato né semplice, in quanto dipende dai confini del sistema considerati, dal metodo di analisi degli impatti utilizzato e dalle scelte metodologiche, come ad esempio il calcolo delle emissioni dirette dovute all'utilizzo di fertilizzanti ed agrofarmaci ed il calcolo delle emissioni da fermentazione enterica e da gestione dei reflui zootecnici. Tuttavia, dall'analisi degli studi LCA presenti in letteratura, si può affermare che i risultati ottenuti nel presente studio per la categoria Climate change appartengono allo stesso ordine di grandezza di quelli di letteratura.

## 5 Bibliografia

Assolatte, 2019. Latte fermentato. Disponibile su:

[http://www.assolatte.it/it/home/salute\\_benessere\\_detail/1433415663036/1507294595867](http://www.assolatte.it/it/home/salute_benessere_detail/1433415663036/1507294595867).

Ultimo accesso: Ottobre 2023

Bacenetti J., Bava L., Zucali M., Lovarelli D., Sandrucci A., Tamburini A., Fiala M., 2016. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental

burden in the milk production system. *Science of The Total Environment*, Volume 539, 2016, Pages 450-459, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.015>.

Baroni F., 2011. Qualità e gestione in stalla dell'acqua di abbeverata. 46/2011 Supplemento a *L'Informatore Agrario*, 46/2011. Disponibile su: <https://www.aral.lom.it/wp-content/uploads/2020/04/BaroniNovDic2011.pdf>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Bava L., Sandrucci A., Zucali M., Guerci M., Tamburini A., 2014. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? *Journal of Dairy Science*, Volume 97, Issue 7, 2014, Pages 4579-4593, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7530>.

Commissione Europea, 2011. COM(2011) 571, Roadmap to a Resource Efficient Europe.

Commissione Europea, 2012. Regolamento CEE 1151/2012 – Regolamento del Consiglio Europeo, del 21 novembre 2012 sui regimi di qualità dei prodotti agricoli ed alimentari.

Commissione Europea, 2013. Regolamento CEE 1308/2013 – Regolamento del Consiglio Europeo, del 17 dicembre 2013 recante organizzazione comune dei mercati dei prodotti agricoli e che abroga i regolamenti (CEE) n. 922/72, (CEE) n. 234/79, (CE) n. 1037/2001 e (CE) n. 1234/2007 del Consiglio

Commissione Europea, 2018. Regolamento CEE 848/2018 – Regolamento del Consiglio Europeo del 30 maggio 2018 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il Regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio.

Commissione Europea, 2021. Commission Recommendation of 16.12.2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations.

Condoleo R. e Zottola T., 2011. La filiera del latte - Il percorso del latte: dall'allevamento alla tavola del consumatore - Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana (CSRA), 2011.

EPD International AB, 2023. Product Category Rules (PCR) Arable And Vegetable Crops. PCR 2020:07, version 1.0.1, date 2023-03-16. Valid until: 2024-12-07.

EPD International AB, 2021. Product Category Rules (PCR) for Dairy Products. PCR 2021:08, version 1.0, date 2021-10-15. Valid to: 2025-10-15.

Fantin V., Buttol P., Pergreffi R., Masoni P., 2012a. Life Cycle Assessment of Italian High Quality Milk Production. A comparison with an EPD study. *Journal of Cleaner Production* 28, 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.017>.

Fantin V., 2012b. Valutazioni di sostenibilità con approccio ciclo di vita nel settore agroalimentare. Contributo alla definizione dello Scenario Tecnologico per l'Emilia-Romagna "Alimentare Sostenibile" del progetto Tecnopolo. Rapporto Tecnico ENEA, UTVLAMB-P9VF-005, Novembre 2012.

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falucci A., Tempio G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Havlík P., Valin H., Herrero M., Obersteiner M., Schmid E., Rufino M.C., Mosnier A., Thornton P.K., Böttcher H., Conant R.T., Frank S., Fritz S., Fuss S., Kraxner F., Notenbaert A., 2014. Climate change mitigation through livestock system transitions. Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 Mar 11;111(10):3709-14. doi: 10.1073/pnas.1308044111.

Il Giorno, 2023. Classifica per fatturato top aziende Industria Lattiero-casearia, Trattamento Igienico, Conservazione Del Latte. Disponibile su: <https://topaziende.quotidiano.net/ateco/industria-lattiero-casearia-trattamento-igienico-conservazione-del-latte/page/2/>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019a. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), , 2019b. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

Istituto di servizi per il mercato agricolo alimentare (ISMEA), 2022. – Dati dell’Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA) -Lattiero Caseari - ottobre 2022. Disponibile su: [https://www.ismeamercati.it/flex/files/1/5/0/D.e3e7b0123873e4cf895a/Scheda\\_LATTE\\_2022.pdf](https://www.ismeamercati.it/flex/files/1/5/0/D.e3e7b0123873e4cf895a/Scheda_LATTE_2022.pdf). Ultimo accesso: Ottobre 2023

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), 2020a. Relazione annuale sulla qualità dei combustibili per autotrazione prodotti, importati e commercializzati nell’anno 2019. Disponibile su: <https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/documenti-tecnici/relazione-carburanti-2019-rev-3.pdf>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), 2020b. Italian Greenhouse gas inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020. Rapporti 318/2020. ISBN 978-88-448-0993-5.

Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), 2023. IStat - La banca dati dell'Istituto Nazionale di Statistica. Disponibile su: <http://dati.istat.it/>. Ultimo accesso: Ottobre 2023.

JRC, 2010, ILCD Handbook. General Guide for Life Cycle Assessment-Detailed Guidance.

Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (MASAF), 2023. Disponibile su: <https://dopigp.politicheagricole.gov.it/le-denominazioni>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MIPAFF), 2017. DM n. 57167. Regolamento del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali del 26 luglio 2017 recante disposizioni nazionali per l’attuazione del regolamento (UE) n. 1151/2012 e del

regolamento delegato (UE) n. 665/2014 sulle condizioni di utilizzo dell'indicazione facoltativa di qualità «prodotto di montagna»

Nutrition Foundation of Italy (NFI), 2017. Il latte vaccino - Ruolo nell'alimentazione umana ed effetti sulla salute, Milano

Osservatorio Regionale Sicurezza Alimentare (Orsa), 2010. La filiera produttiva del latte. Disponibile su: <https://www.orsacampania.it/la-filiera-del-latte/>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Regione Lombardia, 2020. Il Settore Lattiero-Casario In Lombardia. Disponibile su: [https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/4461cf94-934f-40b8-958e-e523beb94aba/Scheda+Latte\\_finale.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-4461cf94-934f-40b8-958e-e523beb94aba-n9lwold](https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/4461cf94-934f-40b8-958e-e523beb94aba/Scheda+Latte_finale.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-4461cf94-934f-40b8-958e-e523beb94aba-n9lwold). Ultimo accesso: Ottobre 2023

Regione Marche, 2009. DGR n. 109/2009. Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Marche n.190 del 2 febbraio 2009 recante la nuova versione del disciplinare di produzione "Filiera latte crudo e latte fresco pastorizzato di alta qualità" per i prodotti a Marchio "QM – Qualità garantita dalle Marche" che sostituisce la DGR n. 745 del 27/06/2006.

Ruminantia, 2016. Ambiente d'allevamento e benessere animale – Parte I e II. Disponibile su: <https://www.ruminantia.it/ambiente-dallevamento-e-benessere-animale-parte-i/>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Stanley P.L., Rowntree J.E., Beede D.K., DeLonge M.S., Hamm M.W., 2018. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems*, Volume 162, 2018, Pages 249-258, ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>.

UNI EN ISO, 2021a. UNI EN ISO 14040 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.

UNI EN ISO, 2021b. UNI EN ISO 14044 - Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.

Water and Food Security, 2015. Il latte: composizione, consumo, storia ed evoluzione. Disponibile su: <https://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=127>. Ultimo accesso: Ottobre 2023

Wernet B., Bauer G., Steubing C., Reinhard B., Moreno-Ruiz J., and Weidema E., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int J Life Cycle Assess* 21, 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

Zampori L. e Pant R., 2019. Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-00654-1, doi:10.2760/424613, JRC115959.

AGROALIMENTARE

EDILIZIA COSTRUZIONI

ENERGIA

LEGNO ARREDO

ISBN 978-88-8286-519-1



enea.it