

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2017
DEL TIPO DI
OPERAZIONE 16.2.01 "SUPPORTO PER PROGETTI PILOTA E PER LO
SVILUPPO DI NUOVI
PRODOTTI, PRATICHE, PROCESSI E TECNOLOGIE NEL SETTORE
AGRICOLA E
AGROINDUSTRIALE"**

FOCUS AREA 3A DGR N. 227 DEL 27 FEBBRAIO 2017

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5052250

DOMANDA DI PAGAMENTO 5193128

FOCUS AREA: 3A

Titolo Piano	OPTIGRANASOST - Modello innovativo per l'ottimizzazione della sostenibilità ambientale della filiera di produzione del formaggio Grana Padano DOP	
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Agriform società cooperativa agricola (di seguito: Agriform)	
Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	18	
Data inizio attività	04/09/2018	
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	04/03/2020	
Relazione relativa al periodo di attività dal	04/09/2018	al 04/03/2020
Data rilascio relazione	22/06/2020	
Autore della relazione	Paolo Bani	
telefono		email Paolo.bani@unicatt.it

Sommario

1 -	DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
1.1	STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO	4
2 -	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	5
2.1	ATTIVITÀ E RISULTATI	
2.2	PERSONALE	
2.3	TRASFERTE	
2.4	MATERIALE CONSUMABILE	
2.5	SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	
2.6	MATERIALI E	
2.7	ATTIVITÀ DI FORMAZIONE	
2.8	COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI	
3 -	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	32
4 -	ALTRE INFORMAZIONI	32
5 -	CONSIDERAZIONI FINALI	32
6 -	RELAZIONE TECNICA	33

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.

Il Piano è stato realizzato e concluso entro febbraio 2020 con durata, come da previsione, di 18 mesi a partire dalla data di comunicazione della determinazione di concessione.

Partner scientifico è il DIPARTIMENTO DI SCIENZE ANIMALI, DELLA NUTRIZIONE E DEGLI ALIMENTI (DIANA) della FACOLTA' DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI E AMBIENTALI dell'UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE di Piacenza (di seguito: UCSC).

Contratto di ricerca sottoscritto tra Agriform e UCSC in data 12/10/2018.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
1 Esercizio della cooperazione	Agriform e UCSC	Coordinamento e cooperazione	Settembre 2018	Ottobre 2018	Marzo 2020	Febbraio 2020
3.1 Caratterizzazione analitica e rilievo dati e calcolo dello specifico contributo dei principali componenti del processo produttivo	UCSC	Predisposizione e somministrazione questionario – analisi – calcolo CFP ed LCA su 10 allevamenti campione	Settembre 2018	Ottobre 2018	Dicembre 2018	Dicembre 2018
3.2 Messa a punto di un sistema di stima delle emissioni di metano	UCSC	Stima in base ad indicatori – validazione spettri FTIR	Gennaio 2019	Febbraio 2019	Settembre 2019	Novembre 2019
3.3 Sviluppo e messa a punto di un software a supporto delle scelte decisionali (DSS)	UCSC	Predisposizione di un foglio di calcolo	Gennaio 2019	Gennaio 2019	Ottobre 2019	Ottobre 2019
3.4 Calcolo della carbon footprint del processo di trasformazione casearia	UCSC	Calcolo CFP	Ottobre 2018	Ottobre 2018	Giugno 2019	Settembre 2019
3.5 Estensione della valutazione a tutti gli allevamenti della filiera	UCSC	Questionario – campionamento latte – valutazione delle emissioni di metano	Settembre 2019	Settembre 2019	Dicembre 2019	Dicembre 2019
4 Divulgazione	Agriform e UCSC	Redazione di n. 2 articoli; organizzazione n. 2 convegni; organizzazione di n. 2 giornate dimostrative; implementazione del sito web	Settembre 2018	Ottobre 2018	Dicembre 2019	Febbraio 2020

2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Attività e risultati

Azione	1 Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	Agriform
Descrizione delle attività	Nel corso di riunioni è stato preso in esame lo stato di avanzamento del progetto d'innovazione.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non è previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non sono previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Partecipazione alle riunioni di progetto	1.033,92
Totale:				1.033,92

2.1 Attività e risultati

Azione	3.1 Caratterizzazione analitica e rilievo dati e calcolo dello specifico contributo dei principali componenti del processo produttivo
Unità aziendale responsabile	UCSC
Descrizione delle attività	<p>Lo scopo di questo studio è stata la valutazione dell'impronta carbonica della produzione di latte per la produzione di Grana Padano DOP in dieci aziende agricole situate nella provincia di Piacenza. Sono state inoltre ricercare le principali fonti di emissione ed i relativi processi connessi per individuare le potenziali migliori strategie di mitigazione a livello aziendale.</p> <p>Lo studio ha seguito un approccio "dalla culla al cancello aziendale", comprendendo tutti i processi necessari alla produzione di latte. L'unità funzionale considerata è stata 1 kg di latte corretto per grassi e proteine (FPCM).</p> <p>I dati primari sono stati raccolti nelle 10 aziende coinvolte tramite un questionario appositamente redatto. I dati raccolti sono stati organizzati in 7 cluster relativamente a 1) composizione e performance della mandria, 2) strategia alimentare, 3) produzione e composizione del latte, 4) produzione di carne e tipologia di animali venduti o abbattuti, 5) produzione e modalità stoccaggio reflui, 6) autoproduzione di colture destinate all'alimentazione animale, 7) consumo di energia e combustibili e materiali per lettiera</p> <p>La produzione di alimenti per l'alimentazione animale è stata inclusa nei confini del sistema analizzato. Sono state prese in considerazione tutte le colture destinate all'alimentazione animale. È stata utilizzata un'allocazione di massa qualora parte della materia prima prodotta fosse venduta mentre quando la coltura prodotta è risultata completamente destinata alla vendita si è evitata allocazione non includendola nei confini del sistema.</p> <p>Sono state prese in considerazione le operazioni colturali e il processo di produzione degli input utilizzati. questi includevano: produzione di sementi, produzione di fertilizzanti e pesticidi, produzione di combustibili fossili e combustione per le operazioni sul campo. Non sono stati considerati il consumo di acqua, il trasporto degli input e l'uso del suolo. La quantità totale degli input consumati è stata raccolta attraverso un'indagine dettagliata e poi assegnata alle singole colture secondo le linee guida dei disciplinari di produzione integrata (Reg. CE/1305/13; Reg. CE/1308/13). Secondo la formula NPK, i fertilizzanti erano stati categorizzati e le emissioni dirette e indirette di protossido di azoto (N₂O) nell'aria sono state stimate secondo il metodo Tier 1 dell'IPCC (2006). Le emissioni di ammoniaca (NH₃) sono state stimate applicando i coefficienti riportati in EMEP-EA (2016), mentre le emissioni di anidride carbonica (CO₂) dovute all'applicazione di urea sono state stimate secondo il metodo Tier 1 dell'IPCC (2006). Le emissioni di pesticidi sono state completamente allocate al suolo come suggerito da Agri-footprint (versione .2.0) (Durlinger et al., 2014) a causa dell'assenza di dati relativi allo stadio vegetativo della coltura al momento dell'applicazione. I consumi di carburante sono stati assegnati alle operazioni di campo secondo il Decreto Legislativo n° 50/2016 (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2016) e le emissioni stimate con i dati di Agri-footprint. Le emissioni dovute ai residui delle colture non sono state considerate per mancanza di informazioni. Per ogni coltura sono state registrate anche le modalità di produzione e di stoccaggio.</p>

Sono stati considerati l'acquisto sia di materie prime che di concentrati, mentre l'integrazione minerale-vitaminica è stata esclusa.

Sono stati raccolti i quantitativi di gasolio, GPL e metano consumati per le attività aziendali. È stato stimato il consumo di gasolio per le attività di alimentazione. Inoltre, sono state registrate informazioni sull' utilizzo di detergenti durante la fase di mungitura. Sono stati considerati inoltre il tipo di materiali per lettiere e la quantità acquistata nel corso dell'anno, ma il loro trasporto non è stato considerato a causa della mancanza di dati a livello aziendale.

Le emissioni di metano sono state calcolate relativamente alla categoria animale (vitelli dalla nascita allo svezzamento, vitelli da due mesi a un anno, manze da uno a due anni, vacche in lattazione e vacche asciutte) e al numero di animali per ciascuna categoria mediamente presenti nell'anno considerato. Le emissioni di metano sono state stimate applicando l'approccio Tier 2 dell'IPCC (2006).

La produzione di reflui è stata stimata a partire dai valori riportati nella Direttiva Nitrati (Commissione UE, 2000) e le emissioni di metano derivate sono state calcolate applicando il Tier 2 dell'IPCC (2006).

L'inventario di valutazione del ciclo di vita è stato analizzato con il software SimaPro (versione 9.0). è stata valutata la categoria di impatto di Global Warming Potential (GWP 100 anni), espresso in kg CO₂eq/kg FPCM (IPCC, 2013) dove l'equivalenza di anidride carbonica considerata corrisponde a 28 per il metano e 265 per il protossido di azoto e 1 per l'anidride carbonica.

Il potenziale di riscaldamento globale (GWP) medio di 1 kg di FPCM è stato pari a 1,33± 0,21 kg di CO₂eq, compreso tra 1,02 e 1,62 kg di CO₂eq.

Il cluster con il maggior contributo è stato quello delle emissioni enteriche (EE) con un valore medio di 0,51 kg di CO₂eq seguito dai cluster AQ, ER, CA e AP (0,48, 0,18, 0,08, 0,07 kg di CO₂eq, rispettivamente). I flussi elementari di emissioni di gas serra più rilevanti sono stati CH₄ biogenico, N₂O e CO₂. Le emissioni di metano hanno contribuito in media per il 47% al totale, seguite dalle emissioni di CO₂ (38%) e N₂O (13%).

Il cluster alimenti acquistati (AQ) ha mostrato un valore medio di GWP pari a 0,48 kg CO₂eq/kg FPCM, che va da 0,23 a 0,65 kg CO₂eq.

Il cluster di produzione degli alimenti (AP) ha mostrato un GWP medio pari a 0,07 kg CO₂eq/kg FPCM, con un range da 0,04 a 0,12 kg CO₂eq/kg FPCM.

Il cluster dei consumi aziendali (CA) ha avuto valore medio di GWP di 0,08 kg CO₂eq/kg FPCM, che andava da 0,03 a 0,13 kg CO₂eq.

Il cluster delle emissioni enteriche (EE) ha contribuito in media per il 39% del GWP totale dell'FPCM, risultando il cluster con il maggior impatto. Le emissioni medie per kg di FPCM sono state di 0,51 kg CO₂eq/kg FPCM, con un range di variazione da 0,48 a 0,57 kg CO₂eq/kg FPCM.

Le emissioni da reflui (ER) hanno rappresentato in media il 13% del GWP totale del latte, pari a 0,18 ± 0,06 kg CO₂eq/ kg FPCM.

I risultati ottenuti sono in accordo con gli studi riportati in bibliografia anche se molto spesso non è stato possibile valutare un confronto diretto. Emissioni enteriche e alimenti acquistati, seguiti da emissioni da reflui sono stati rilevati come la principale fonte di emissioni di gas serra. Gli allevamenti analizzati differivano principalmente per la produzione giornaliera di latte e per il periodo interparto, parametri che sono influenzati dalle strategie di gestione globale dell'allevamento e dallo stato di benessere degli animali, anche perché tutti gli allevamenti erano stati sottoposti al disciplinare di produzione del formaggio Grana Padano per quanto riguarda la strategia di alimentazione, la procedura

	<p>di mungitura e la qualità del latte. Molte strategie di mitigazione sono riportate per ridurre l'impatto ambientale, ma strategie in grado di avere un effetto sul GWP potrebbero di conseguenza non avere lo stesso effetto su altre categorie di impatto ambientale e non potrebbero avere lo stesso effetto di mitigazione in tutte le aziende. Un ruolo chiave per la mitigazione dell'impatto ambientale è la produttività del latte e il suo effetto di diluizione del fabbisogno di mangime per la manutenzione e quindi delle emissioni totali (Montes et al., 2013). Il miglioramento della produttività del latte potrebbe essere considerato la principale strategia diretta integrata da strategie di gestione del letame e dei fertilizzanti in grado di ottimizzare l'uso di azoto e fosforo e di ridurre le emissioni di N₂O.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.</p>

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
UCSC	Materiale consumabile per analisi alimenti	3.930,00
	Totale:	3.930,00

Spesa inclusa nelle fatture UCSC

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Su 10 allevamenti: analisi degli alimenti; predisposizione e somministrazione di un questionario; calcolo della CFP e della LCA	44.888,60
Totale:				44.888,60

2.1 Attività e risultati

Azione	3.2 Messa a punto di un sistema di stima delle emissioni di metano
Unità aziendale responsabile	UCSC
Descrizione delle attività	<p>La raccolta dei campioni di latte è stata svolta presso 20 delle stalle conferenti ai due caseifici. Non è stato possibile effettuare i controlli presso tutti gli allevamenti per due ragioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Presenza di robot di mungitura, installati successivamente all'avvio del programma di ricerca, che non consentivano il prelievo di campioni. In queste aziende si è cercato di organizzare la raccolta dei campioni ricercando la collaborazione sia dell'Associazione Regionale Allevatori sia delle case produttrici i sistemi di mungitura, in quanto solo loro potevano disporre degli accessori per il campionamento. La carenza di tali dispositivi non ha però permesso di averli a disposizione.- Impossibilità ad effettuare un campionamento per la mancanza di dispositivi a livello aziendale o per indisponibilità dell'allevatore. <p>Per ognuna delle aziende interessate sono stati raccolti i campioni di latte provenienti dalla mungitura effettuata in occasione dei controlli funzionali da parte dell'Associazione Regionale Allevatori dell'Emilia Romagna. Le bovine interessate ai controlli sono state scelte in base al loro stato di salute, escludendo quelle che al precedente controllo o sulla base delle informazioni fornite dall'allevatore presentavano una situazione di mastite o comunque cellule somatiche molto elevate, e allo stadio di lattazione. Sono quindi state campionate vacche tra i 90 e i 200 giorni circa di lattazione, in quanto la curva di predizione sviluppata dal DiANA si riferiva ad animali in questa fase di lattazione.</p> <p>Il latte è stato portato in laboratorio ed è stato registrato un doppio spettro nella regione del medio infrarosso mediante strumento FOSS Milkoscan120. Contemporaneamente, si è anche provveduto all'analisi dei principali componenti e di alcune caratteristiche tecnologiche-casearie. Sono stati prelevati complessivamente 438 campioni (a fronte di 100 previsti in sede di proposta di ricerca) con un numero variabile tra le aziende in funzione del numero di animali in lattazione e compreso tra un minimo di 12 e un massimo di 30 (media pari a 21.9 animali/azienda).</p> <p>Un'aliquota dei campioni è stata congelata a -20 °C fino al momento delle analisi del profilo acidico condotto con tecnica gas-cromatografica secondo il metodo riportato da Shingfield et al. (2006). Queste ultime analisi sono state condotte su un sotto-campione di vacche scegliendo 5 animali per stalla, in modo che fossero rappresentativi di tutti quelli prelevati per un totale di 100 campioni.</p> <p>Nelle stesse aziende, in occasione dei prelievi di latte, si è anche provveduto al prelievo di campioni rappresentativi della miscelata unifeed. Nel caso in cui vi fossero più gruppi di vacche in lattazione si è provveduto alla raccolta di un campione della miscelata di ciascun gruppo. Complessivamente sono stati raccolti 27 campioni.</p> <p>Tali campioni sono stati essiccati in stufa ventilata a 55 °C e successivamente macinati con mulino a coltelli e griglia da 1 mm. Oltre alle analisi di composizione, condotte secondo i metodi ufficiali, i campioni sono stati anche oggetto di una duplice fermentazione in vitro. In un primo set di fermentazioni, protratto per 24 ore, si è valutata la digeribilità della sostanza secca e la</p>

produzione di gas totale e di metano. La seconda fermentazione è stata protratta invece per 72 ore onde poter misurare la massima produzione di gas e la sua cinetica, indice della fermentescibilità delle razioni.

Si è quindi provveduto al calcolo delle correlazioni sia tra le emissioni stimate secondo i diversi approcci sia tra la produzione di metano in vitro, la produzione di gas e la composizione chimica degli unifeed.

Il profilo acidico dei campioni di latte medio rientra nel range di variabilità riportato in letteratura, ma per la quasi totalità degli acidi sono state riscontrate differenze significative tra le aziende, risultato non atteso considerato che gli animali campionati si trovavano all'incirca nella stessa fase di lattazione e che le razioni, rispettando le norme di alimentazione stabilite nel regolamento di produzione del Grana Padano DOP presentavano notevoli similarità tra loro.

Le caratteristiche di composizione chimica degli unifeed controllati media variano poco in funzione del gruppo di bovine al quale la miscelata è destinata. Le differenze confermano comunque le aspettative, soprattutto con riferimento al contenuto in proteine, superiore di circa 1.2 punti percentuali (pp) nelle razioni destinate alle vacche a inizio lattazione (FRESCHE) e rispetto a quelle in lattazione più avanzata (AVANTI), e all'amido (+ 1.1 pp).

La predizione delle emissioni di metano rappresenta una sfida sulla quale si stanno confrontando i ricercatori di tutto il mondo. Essa risulta problematica sia per la difficoltà nell'individuare dei marcatori indiretti fortemente e causalmente correlati alle emissioni sia per l'onerosità e complessità delle misure dirette di emissione soprattutto su elevati numeri di animali.

Il DIANA ha sviluppato, sulla base delle misurazioni dirette di emissione condotte su oltre 400 vacche in lattazione presenti in allevamenti della provincia di Lodi e di Piacenza, un modello predittivo basato sulla spettrometria nel medio infrarosso applicata al latte.

Nel presente progetto di ricerca si è inteso verificare la corrispondenza tra tali stime e quelle ottenibili sulla base di altri predittori, in particolare dalla composizione in acidi grassi della componente lipidica del latte che, sulla base della letteratura scientifica, consentirebbe di addivenire a una previsione abbastanza attendibile delle emissioni di metano. A tale scopo sono stati selezionati 5 animali in lattazione da 20 allevamenti dai quali prelevare campioni di latte da destinare alla registrazione dello spettro IR e all'analisi degli acidi grassi del latte (FAME).

Sulla base degli spettri acquisiti ed applicando ad essi il modello predittivo sviluppato da DiANA si sono stimate le emissioni di metano di ciascun animale, poi mediate per addivenire a una produzione media di gruppo.

Analogamente, sulla base dei risultati delle analisi dei FAME e applicando l'equazione predittiva riportata in Van Gastelen et al. (2018).

In aggiunta a quanto specificato in sede di preventivo, i campioni di unifeed sono stati fermentati in vitro con liquido ruminale in due set fermentativi. Il primo di essi, conclusosi dopo 24 ore, lasso di tempo considerato spesso pari al tempo medio di ritenzione degli alimenti nel rumine da parte di bovine in lattazione, è stato focalizzato alla misurazione della quantità di metano prodotto. Tale valore, espresso come millilitri per grammo di sostanza secca è stato poi moltiplicato per la quantità di unifeed secco consumato dalle bovine. Tale ingestione è stata calcolata in base alla composizione delle miscele derivante dalle analisi chimiche condotte sugli unifeed stessi e impiegando l'equazione previsionale contenuta nel software di razionamento RatioBest, elaborato dal prof. Luigi Calamari. Questo ha consentito di produrre una

ulteriore serie di stime della quantità di metano emessa da ciascuna mandria di bovine in lattazione.

Le emissioni calcolate in base alla composizione acidica del latte sono risultate mediamente superiori alle precedenti basate sugli spettri IR (valore medio pari a 505 g/d) e con una minor variabilità (CV pari al 5%). Anche i valori estremi risultano meno distanziati tra loro rispetto al set precedente (valori minimo e massimo pari a 374 e 523, rispettivamente). Si è avuto quindi un certo “appiattimento” delle stime attorno al valore medio. Le emissioni calcolate sulla base del potenziale metanigeno degli unifeed mostrano, come valore medio (434 g/d) e come variabilità (CV = 10%; range di variazione da 355 a 527 g/d), un’elevata similitudine con le emissioni predette in base agli spettri IR. Le correlazioni tra i tre set di dati (CH4-IR, CH4-FAME E CH4-UNIFEED) non sono però risultate significative e con valori di R2 inferiore a 0.1).

L’onerosità delle analisi richieste per stimare le emissioni sulla base del profilo acidico del grasso del latte o del potenziale metanigeno della dieta è certamente molto più elevata rispetto al ricorso alla spettrometria infrarossa, la cui abilità di predizione è stata dimostrata su un ampio dataset di vacche in lattazione. L’idea progettuale è stata quella di addivenire a una taratura di quest’ultimo modello di stima sulla base degli altri due approcci.

Nel complesso si ritiene che la curva di predizione sulla base degli spettri IR si confermi essere la metodologia attualmente più attendibile per la stima delle emissioni di metano negli allevamenti commerciali di bovine da latte allevate nella Pianura Padana in aziende che adottino una razione basata sul silomais come principale foraggio e producano latte destinato a Grana Padano DOP.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

La capacità predittiva dei modelli basati sul profilo acidico del latte è stata messa in discussione da recentissime ricerche sperimentali, limitandone la possibile applicazione a situazioni di allevamento, con particolare riferimento alla razza allevata ma soprattutto al tipo di alimentazione nonché alle condizioni stagionali e ambientali, molto prossime a quelle nelle quali le equazioni predittive sono state prodotte.

L’approccio basato sui risultati delle fermentazioni in vitro è invece da considerare originale in quanto mancano precedenti in letteratura ma i risultati ottenuti sono per molti aspetti interessanti e promettenti. Un punto di debolezza di questo approccio, e che può avere compromesso la sua capacità predittiva, è però certamente legato alla oggettiva aleatorietà delle stime di ingestione di alimenti, notoriamente problematica a livello di aziende commerciali. Tuttavia questa criticità non pare sufficiente a giustificare la mancanza di correlazione tra le stime di CH4-IR e CH4-UNIFEED. Altri punti di possibile debolezza possono essere rintracciati nel fatto che un singolo campionamento aziendale della miscelata può non riuscire a descrivere la reale composizione della dieta mediamente somministrata agli animali, in considerazione della normale variazione sia nella qualità degli alimenti, in particolare dei foraggi, sia nelle pesate giornaliere dei singoli ingredienti della ricetta.

L’onerosità delle analisi richieste per stimare le emissioni sulla base del profilo acidico del grasso del latte o del potenziale metanigeno della dieta è certamente più elevata rispetto al ricorso alla spettrometria infrarossa, la cui abilità di predizione è stata dimostrata su un ampio dataset di vacche in lattazione. L’idea progettuale è stata quella di addivenire a una taratura di quest’ultimo modello di stima sulla base degli altri due approcci.

Nel complesso si deve riconoscere come non sia stato possibile raggiungere appieno l'obiettivo prefissato, ma si ritiene che la curva di predizione sulla base degli spettri IR rimanga la metodologia attualmente più attendibile per la stima delle emissioni di metano negli allevamenti commerciali di bovine da latte allevate nella Pianura Padana in aziende che adottino una razione basata sul silomais come principale foraggio e producano latte destinato a Grana Padano DOP.

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
UCSC	Materiale consumabile per analisi cromatografica composizione acidica grasso	15.000,00
UCSC	Acquisizione spettri FTIR	1.500,00
	Totale:	16.500,00

Spesa inclusa nelle fatture UCSC

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Stima delle emissioni di metano delle bovine di n. 4 stalle in base agli spettri FTIR	40.046,70
Totale:				40.046,70

2.1 Attività e risultati

Azione	3.3 Sviluppo e messa a punto di un software a supporto delle scelte decisionali (DSS)
Unità aziendale responsabile	UCSC
Descrizione delle attività	<p>Il focus del progetto è stato la “Carbon footprint” (CF), valutabile attraverso il Global Warming Potential. Tuttavia, la valutazione di impatto ambientale con metodica LCA tramite software dedicati (quale ad esempio Simapro, utilizzato anche nell’ambito di questo progetto per il calcolo delle emissioni delle prime 10 stalle e per la produzione di Grana Padano DOP nel caseificio Santa Vittoria) risulta complessa e richiede un gran numero di informazioni, non sempre a disposizione in modo semplice dell’allevatore. Questo ostacola la possibilità di effettuare valutazioni della CFP di allevamento su un numero elevato di aziende e magari per più anni, a un costo accettabile. Per questo è stato sviluppato un foglio di calcolo che semplifica e velocizza la valutazione dell’impatto ambientale della produzione di latte alla stalla.</p> <p>Si tratta di un foglio di calcolo basato su Excel, che consente di quantificare le emissioni di GHG relative alla produzione di 1 Kg di latte. La differenza rispetto agli altri metodi deriva dal fatto che richiede un numero notevolmente inferiore di informazioni e permette una valutazione rapida, che ad esempio potrebbe essere effettuata per valutare cambiamenti gestionali o strutturali dell’azienda. È presente anche una maschera d’errore per effettuare un controllo sulla qualità/attendibilità dei dati inseriti e prevenire eventuali errori grossolani di input dati.</p> <p>Il foglio di calcolo è organizzato in 4 fogli, ciascuno dedicato a uno dei 4 cluster utilizzati nelle altre fasi del progetto, ossia allevamento, reflui, energia e razioni. Questi fogli sono poi collegati a un ulteriore foglio dove vengono visualizzati i risultati relativi all’impronta carbonica riferita al chilogrammo di latte, sempre corretto per i contenuti in grasso e proteine.</p> <p>I dati di input richiesti riguardano la tipologia di stabulazione e il numero di capi delle categorie di animali presenti in allevamento, alcuni dati gestionali e riproduttivi, i dati relativi agli animali venduti o acquistati, la produzione di latte e la qualità, i materiali da lettiera utilizzati, i consumi energetici della stalla e la presenza di eventuali fonti di energia rinnovabile, le razioni medie di ogni categoria. Non vengono invece richieste informazioni relative alle coltivazioni. Questo perché nella parte di indagine CF relativa alle prime 10 stalle, condotta in modo approfondito secondo le linee guida ufficiali, si è verificato che queste componenti mostravano una scarsa variabilità tra le aziende. Questo permette di poterle stimare da dati bibliografici standard senza incidere in modo significativo sul risultato finale di CF. Si è quindi scelto di focalizzare il calcolo sulla stalla, utilizzando per gli alimenti voci provenienti da database esistenti (Ecoinvent e Agrifootprint). Per la sezione relativa al calcolo delle emissioni dall’allevamento (fermentazioni enteriche e da reflui) sono state elaborate formule seguendo l’approccio Tier 2 dell’IPCC. Le quantità di reflui prodotti vengono calcolate sulla base della Direttiva Nitrati.</p> <p>Il foglio di calcolo calcola le emissioni totali della produzione di latte e le rapporta al kg di latte standardizzato. Vengono anche riportati i contributi dei singoli cluster. In questo caso sono 4 e non 5 perché sono stati unificati gli alimenti, senza distinzione tra acquistati e autoprodotti. Questa scelta è stata una diretta conseguenza della esclusione della parte di calcolo relativa alle</p>

coltivazioni aziendali. Sono riportati altri possibili sotto-cluster, utili a valutare nel dettaglio alcuni aspetti.

Per validare il funzionamento del foglio di calcolo sono state condotte delle simulazioni inserendo nel foglio stesso i dati delle dieci aziende per le quali è stato effettuato il calcolo della CF in modo più approfondito. I risultati ottenuti sono stati confrontati i risultati con quanto ottenuto nella fase precedente (valutazione effettuata con i questionari più dettagliati e l'uso del software Simapro). Come atteso, si è ottenuta una buona correlazione tra i risultati prodotti dai due sistemi, dato l'uso degli stessi fattori di emissione delle stesse banche dati, con qualche lieve differenza dovuta alla diversa impostazione del foglio di calcolo.

Andando più nel dettaglio si nota che queste differenze si concentrano nel cluster Alimenti. Essa è principalmente attribuibile al fatto che nell'altra fase del progetto sono stati utilizzati i consumi totali annui degli alimenti dichiarati dagli allevatori, che tengono conto dei cambiamenti effettuati alla razione nel corso dell'annata. Nelle simulazioni fatte, invece, si è partiti dalla valutazione della razione attualmente in uso e si è fatta una proiezione dei consumi di alimenti su base annua. Questa differenza metodologica rende ragione in larga misura delle differenze riscontrate.

Per quanto riguarda i consumi energetici aziendali e le fermentazioni (enteriche e da reflui) si è riscontrata un'ottima correlazione. In quest'ultimo caso le lievi differenze sono dovute al fatto che nelle formule sono stati inseriti i valori di digeribilità e tenore proteico calcolati per le razioni utilizzando il software di razionamento RatioBest, che si ritengono meglio aderenti alle singole realtà aziendali, mentre la valutazione effettuata nella fase precedente del progetto ha fatto uso di dati tabulati suggeriti dalle linee guida IPCC (2007). Anche per il cluster "reflui" si è riscontrata una buona correlazione. In questo caso, sempre nell'ottica di una riduzione del numero di dati da reperire in azienda, sono state unite le categorie "manze" e "manzette", che ha verosimilmente generato qualche leggera differenza nel calcolo della quantità di reflui prodotti nel corso dell'anno.

Un'ulteriore e interessante possibile applicazione del foglio è relativa al calcolo dell'impronta carbonica ipotizzando scenari di produzione alternativi. Infatti, possono essere utilizzati dati primari reali per tutte le voci richieste, oppure è possibile modellizzare la struttura della mandria sulla base di alcuni dati gestionali e da qui simulare diversi scenari e calcolarne l'impronta carbonica. È possibile ad esempio verificare le ricadute in termini di CF di cambiamenti relativi a parametri riproduttivi o di mortalità, i quali incidono sulla struttura della mandria e quindi sul numero di animali presenti in allevamento e di quelli invece venduti.

Il foglio di calcolo predisposto rappresenta dunque uno strumento di semplice utilizzo, rapido e parsimonioso in termini di input richiesti. Queste caratteristiche rendono possibili analisi anche ripetute nel tempo, per la verifica dell'effetto di modificazioni apportate alle strutture o al management aziendale, oppure per la previsione delle ricadute di progetti di miglioramento aziendale. Nella routine aziendale, potrebbe essere inoltre utilizzato per valutare le ripercussioni a livello ambientale di cambiamenti nella razione. Si tratta di un calcolo focalizzato sul sistema stalla, che esclude come già specificato la parte relativa alla produzione aziendale di una parte degli alimenti (soprattutto la componente foraggera). Questa, pur caratterizzata da ridotte differenze tra aziende e quindi con un limitato impatto sul valore finale e complessivo di CF, potrebbe essere ulteriormente modellizzata mediante

	<p>l'aggiunta di ulteriori fogli di calcolo, opzione lasciata aperta dal software prodotto.</p> <p>Il foglio elaborato è pensato per essere uno strumento a disposizione degli allevatori perché possano effettuare delle auto-valutazioni e verificare diverse possibili scelte anche dal punto di vista dell'ambiente. Esso non è destinato ad una eventuale certificazione ufficiale delle performance ambientali, ma ne può costituire un'opportuna, quando non necessaria, premessa. Vengono giustificate in quest'ottica le semplificazioni metodologiche effettuate, con le conseguenti maggior rapidità di utilizzo e miglior accessibilità.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.</p>

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Adozione di un set di equazioni per ciascuno dei punti critici di emissione di metano sulla base dei dati sperimentali e bibliografici al fine di predisporre un foglio di calcolo	26.351,40
Totale:				26.351,40

2.1 Attività e risultati

Azione	3.4 Calcolo della Carbon Foot Print del processo di trasformazione casearia
Unità aziendale responsabile	UCSC
Descrizione delle attività	<p>La valutazione dell'impatto ambientale ha seguito un approccio "dalla culla al cancello del caseificio". I confini del sistema hanno incluso la fase agricola, quella di caseificazione e di stagionatura del formaggio. In particolare, per la fase agricola sono stati considerati la produzione di alimenti, sia autoprodotti che acquistati ed i relativi input utilizzati (combustibili fossili, fertilizzanti, pesticidi, sementi), sono state prese in considerazione le emissioni enteriche e da reflui e l'uso di altre risorse (energia elettrica, combustibili e materiali da lettine). Per quanto riguarda la fase di caseificio sono stati considerati i consumi energetici, di combustibile, refrigeranti e detergenti oltre ai consumi di ingredienti necessari per la caseificazione (latte, sale, caglio). Il lisozima è stato escluso a causa della bassa incidenza e dell'assenza di dati sul processo di produzione, in accordo con Bava et al. (2018). Inoltre, il consumo di acqua e il trattamento delle acque reflue non sono stati considerati in tutte le fasi a causa della mancanza di dati primari.</p> <p>La produzione di latte e la produzione di formaggio sono processi multifunzionali che possono generare prodotti e sottoprodotti diversi. Secondo la norma ISO 14044 (2006) l'allocazione è stata evitata quando possibile. Nel caso in cui l'allocazione si è resa necessaria necessaria, è stata scelta l'allocazione biofisica tra latte e carne a livello di azienda agricola. A livello di caseificio l'impatto ambientale tra il formaggio Grana Padano DOP e altri sottoprodotti (es. siero, burro, altri formaggi) è stato assegnato considerando il contenuto di sostanza secca (Environmental and Category, 2020; FIL-IDF, 2015). I dati sono stati valutati anche considerando allocazione basata su contenuto di grassi e proteine, contenuto di energia grezza (Kcal) e solo contenuto proteico. Non è stata redatta una ripartizione specifica tra i co-prodotti della caseificazione a causa della mancanza di dati relativi al loro utilizzo.</p> <p>I dati primari sono stati raccolti attraverso un apposito questionario, precedentemente redatto, sia a livello di azienda agricola che di caseificio. Nello studio sono state coinvolte 27 aziende agricole e un caseificio. La raccolta dati presso le aziende agricole ha compreso informazioni relative alla produzione di latte e carne, alla composizione della mandria, alla strategia alimentare, ai piani colturali per l'autoproduzione di alimenti, alla gestione dei reflui e all'uso di altre risorse (combustibili, energia, materiale per lettine); la raccolta dati presso il caseificio ha compreso la quantità di latte lavorato, il trasporto del latte, il consumo di sale e detergenti, il consumo di refrigerante, il consumo di energia relativa sia al processo di produzione che di stagionatura. I dati secondari sono stati ricavati dalle principali banche dati disponibili: Ecoinvent (versione 3.2) (Frischknecht, 2011), Agri-footprint (versione 2.0) (Durlinger et al., 2014), European Life Cycle database (ELCD) (versione 3.1; JRC-IES, 2015) (Commissione Europea -- Centro Comune di Ricerca -- Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, 2010) e U.S. Life Cycle Inventory (USLCI) (National Renewable Energy Laboratory, 2015). Le emissioni dovute alla fermentazione enterica e alla fermentazione dei reflui (CH₄), distribuzione dei reflui (CH₄, N₂O), applicazione di fertilizzanti (N₂O, CO₂) e</p>

	<p>applicazione di pesticidi, sono state calcolate sulla base di equazioni specifiche riportate in bibliografia. Tutti i dati si riferiscono al 2017.</p> <p>A livello di azienda agricola i dati sono stati organizzati in quattro cluster: alimenti autoprodotti (AP), alimenti acquistati (AQ), consumi aziendali (CA), emissioni enteriche (EE) ed emissioni da reflui (ER).</p> <p>L'inventario dei dati raccolti è stato analizzato con il software SimaPro (versione 9.0). Il Global Warming Potential è stato valutato (GWP 100 anni) secondo il metodo IPCC (2013). L'equivalenza dell'anidride carbonica considerata corrisponde a 28 per il metano e 265 per il protossido di azoto e 1 per l'anidride carbonica. L'approccio della valutazione del ciclo di vita è stato sviluppato secondo il manuale ILCD (JRC, 2010) ed è stato scelto un approccio di tipo attribuzionale.</p> <p>La composizione media delle mandrie è stata pari a 410 ± 197 capi, corrispondenti a 304 ± 141 UBA e un indice di intensificazione di $4 \pm 1,52$ UBA/ha con un numero medio di vacche in lattazione di 180 ± 81. Il periodo di interparto è stato di 424 ± 31 giorni e la produzione di latte è stata pari a $1,94E+06 \pm 9,49E+05$ kg FPCM/anno e a $29,00 \pm 4,08$ kg FPCM/capo/giorno. Il fattore di allocazione per il latte è stato pari a 86,44 %.</p> <p>Il GWP medio del latte destinato alla caseificazione è stato pari a $1,38 \pm 0,24$ kg CO₂eq/kg FPCM, corrispondente ad un impatto totale nell'anno pari a $5,13E+07$ kg CO₂eq. Il cluster che ha contribuito maggiormente è stato quello delle emissioni enteriche (EE) seguito dalle emissioni per gli alimenti acquistati (AQ) e delle emissioni dei reflui (ER) con un contributo medio rispettivamente pari al 39, 34 e 14%. Gli alimenti autoprodotti ed i consumi aziendali hanno avuto un contributo relativo del 7%. I processi più rilevanti sono stati la soia (origine brasiliana), che ha contribuito per il 14%, le emissioni enteriche delle vacche che hanno avuto un impatto per il 28%, le emissioni dovute allo stoccaggio dei reflui hanno contribuito per l'11%. I flussi elementari più rilevanti sono stati rappresentati dal CH₄ biogenico (43%), dalla CO₂ fossile (14%), dalla CO₂ dovuta al cambio d'uso del suolo (17%) e dall'N₂O (12%). L'impatto di ogni latte consegnato è ovviamente correlato al contributo percentuale sulla quantità totale di latte trasformato e varia tra il 9 e l'1% del GWP totale. Il potenziale di riscaldamento globale della produzione di latte a livello aziendale è risultato correlato al totale delle unità di bovino adulto e al numero di vacche in lattazione ($p < 0,01$).</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.</p>

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non previsto impiego di personale interno AGRIFORM

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Indagine presso un caseificio per il calcolo della CFP	14.053,50
Totale:				14.053,50

2.1 Attività e risultati

Azione	3.5 Estensione della valutazione a tutti gli allevamenti della filiera
Unità aziendale responsabile	UCSC
Descrizione delle attività	<p>Lo scopo di questo lavoro è stata la valutazione del potenziale di riscaldamento globale (GWP) del Grana Padano DOP, stagionato 10 mesi e prodotto in un caseificio situato nella provincia di Piacenza, attraverso un approccio di valutazione del ciclo di vita (LCA). Gli obiettivi sono stati rappresentati dalle rilevazioni delle principali fasi e dei principali processi che vanno a contribuire all'impatto totale. È stata inoltre valutata la sensibilità dei risultati a diversi metodi di allocazione e scenari di produzione del latte destinato alla caseificazione.</p> <p>La valutazione dell'impatto ambientale ha seguito un approccio "dalla culla al cancello del caseificio". I confini del sistema hanno incluso la fase agricola, quella di caseificazione e di stagionatura del formaggio. In particolare, per la fase agricola sono stati considerati la produzione di alimenti, sia autoprodotti che acquistati ed i relativi input utilizzati (combustibili fossili, fertilizzanti, pesticidi, sementi), sono state prese in considerazione le emissioni enteriche e da reflui e l'uso di altre risorse (energia elettrica, combustibili e materiali da lettine). Per quanto riguarda la fase di caseificio sono stati considerati i consumi energetici, di combustibile, refrigeranti e detersivi oltre ai consumi di ingredienti necessari per la caseificazione (latte, sale, caglio). Il lisozima è stato escluso a causa della bassa incidenza e dell'assenza di dati sul processo di produzione, in accordo con Bava et al. (2018). Inoltre, il consumo di acqua e il trattamento delle acque reflue non sono stati considerati in tutte le fasi a causa della mancanza di dati primari.</p> <p>La produzione di latte e la produzione di formaggio sono processi multifunzionali che possono generare prodotti e sottoprodotti diversi. Secondo la norma ISO 14044 (2006) l'allocazione è stata evitata quando possibile. Nel caso in cui l'allocazione si è resa necessaria, è stata scelta l'allocazione biofisica tra latte e carne a livello di azienda agricola. A livello di caseificio l'impatto ambientale tra il formaggio Grana Padano DOP e altri sottoprodotti (es. siero, burro, altri formaggi) è stato assegnato considerando il contenuto di sostanza secca (Environmental and Category, 2020; FIL-IDF, 2015). I dati sono stati valutati anche considerando allocazione basata su contenuto di grassi e proteine, contenuto di energia grezza (Kcal) e solo contenuto proteico. Non è stata redatta una ripartizione specifica tra i co-prodotti della caseificazione a causa della mancanza di dati relativi al loro utilizzo.</p> <p>I dati primari sono stati raccolti attraverso un apposito questionario, precedentemente redatto, sia a livello di azienda agricola che di caseificio. Nello studio sono state coinvolte 27 aziende agricole e un caseificio. La raccolta dati presso le aziende agricole ha compreso informazioni relative alla produzione di latte e carne, alla composizione della mandria, alla strategia alimentare, ai piani colturali per l'autoproduzione di alimenti, alla gestione dei reflui e all'uso di altre risorse (combustibili, energia, materiale per lettine); la raccolta dati presso il caseificio ha compreso la quantità di latte lavorato, il trasporto del latte, il consumo di sale e detersivi, il consumo di refrigerante, il consumo di energia relativa sia al processo di produzione che di stagionatura. I dati secondari sono stati ricavati dalle principali banche dati</p>

disponibili: Ecoinvent (versione 3.2) (Frischknecht, 2011), Agri-footprint (versione 2.0) (Durlinger et al., 2014), European Life Cycle database (ELCD) (versione 3.1; JRC-IES, 2015) (Commissione Europea -- Centro Comune di Ricerca -- Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, 2010) e U.S. Life Cycle Inventory (USLCI) (National Renewable Energy Laboratory, 2015). Le emissioni dovute alla fermentazione enterica e alla fermentazione dei reflui (CH_4), distribuzione dei reflui (CH_4 , N_2O), applicazione di fertilizzanti (N_2O , CO_2) e applicazione di pesticidi, sono state calcolate sulla base di equazioni specifiche riportate in bibliografia. Tutti i dati si riferiscono al 2017.

A livello di caseificio sono state prese in considerazione il consumo di carburante dovuto al trasporto di latte dalla stalla al caseificio, altri combustibili (ad esempio metano, GPL), detersivi ed elettricità. Inoltre, è stata rilevata la presenza di fonti di energia rinnovabile (es. impianto fotovoltaico, digestore anaerobico). È stata richiesta la quantità di latte lavorato e la relativa composizione e provenienza, e la quantità di Grana Padano e co-prodotti ottenuti. Non è stata considerata alcuna distinzione tra il processo di produzione del formaggio e la stagionatura a causa della mancanza di dati primari.

Il Global Warming Potential è stato valutato (GWP 100 anni) secondo il metodo IPCC (2013). L'equivalenza dell'anidride carbonica considerata corrisponde a 28 per il metano e 265 per il protossido di azoto e 1 per l'anidride carbonica. L'approccio della valutazione del ciclo di vita è stato sviluppato secondo il manuale ILCD (JRC, 2010) ed è stato scelto un approccio di tipo attribuzionale.

La scelta dell'allocazione potrebbe influenzare l'impatto ambientale per kg di formaggio, per cui è stata eseguita un'analisi di sensitività per confrontare i diversi metodi di allocazione tra il Grana Padano e gli altri prodotti caseari: 1) contenuto di sostanza secca (AF-DM), suggerito da FIL-IDF (2015) e 2) contenuto di grassi e proteine (AF-FP), suggerito da EPD (2014), 3) contenuto di energia lorda (AF-GE) e 4) contenuto di proteine (AF-P). Inoltre, sono stati effettuati diversi scenari di GWP del Grana Padano DOP considerando il GWP del latte a livello di azienda.

L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando il software R (versione 3.6.1). Il test di correlazione del coefficiente di Pearson è stato applicato per indagare la relazione tra l'impatto ambientale e i dati primari.

Il GWP associato al caseificio, compresi il processo di caseificazione e la stagionatura, è stato pari a $2,80\text{E}+06$ kg di CO_2eq nel 2017 ma l'impatto attribuito alla produzione del Grana Padano è stato pari a $1,12\text{E}+06$ kg di CO_2eq considerando il fattore di allocazione basato sulla sostanza secca; le restanti emissioni sono state attribuite al siero ($1,35\text{E}+06$ kg di CO_2eq) e alla panna ($3,14\text{E}+05$ kg di CO_2eq). Il consumo di energia elettrica ha contribuito al 32% del GWP totale dello stabilimento e al 2% di 1 kg di Grana Padano. In particolare, il 31% è dovuto al consumo del mix elettrico italiano mentre l'1% all'autoproduzione di energia elettrica con impianto fotovoltaico. Impatti irrilevanti sono stati associati all'uso di refrigeranti e detersivi e al diesel utilizzato anche per il trasporto. I flussi più rilevanti sono stati quelli di CO_2 fossile e CO_2 , che hanno contribuito rispettivamente al 63% e al 29%, seguiti da CH_4 (5%) e N_2O (1%). Questi sono legati alla produzione di acido nitrico e alla produzione di energia e combustibili.

Il GWP del formaggio è risultato essere pari a $9,99$ kg $\text{CO}_2\text{eq}/\text{kg GP}$ 10 mesi. I flussi elementari più rilevanti sono stati CH_4 biogenico (43%), CO_2 fossile (18%), CO_2 per cambio d'uso del suolo (17%) e N_2O (12 cluster maggiormente impattanti sono state le emissioni enteriche (35%),

alimenti acquistati (23%), consumi aziendali (17%) e le emissioni da reflui (11%). A livello globale, il potenziale di riscaldamento globale del Grana Padano DOP è dipeso per il 95% dalla fase agricola e per il 5% dalla fase casearia.

Il metodo di allocazione ha influito sui risultati. Considerando il contenuto di proteine e grassi, l'impatto ambientale è stato assegnato per il 70% al Grana Padano DOP, per il 3% al siero di latte e per il 27% alla produzione di panna. Il Grana Padano ha la percentuale più alta di proteine e la seconda percentuale di grassi. Considerando però il contenuto di sostanza secca il fattore di allocazione del Grana Padano è stato pari al 41% perché presenta la percentuale più alta di sostanza secca rispetto agli altri co-prodotti, ma la massa totale è stata solo il 7% rispetto all'88% di siero sul totale. Con FA-SS il GWP totale associato alla produzione di Grana Padano nell'anno è stato pari a 2,22E+07 kg CO₂eq e a 9,99 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP; con il metodo di allocazione FA-GP l'impatto totale è stato pari a 3,79E+07 kg CO₂eq e a 17,06 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP. Nel frattempo l'allocazione attraverso il contenuto energetico aveva determinato un GWP del formaggio di 2,33E+07 kg CO₂eq e di 10,48 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP; mentre l'allocazione basata sul contenuto proteico ha determinato un GWP totale di 4,92E+07 e di 22,18 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP.

Sono stati valutati quattro scenari, considerando l'impatto ambientale del latte a livello aziendale, per la produzione del formaggio Grana Padano DOP. Le aziende sono state suddivise considerando il valore medio di GWP e poi considerando il migliore e peggiore 10%.

Il valore medio del riscaldamento globale del latte da latte nei migliori scenari è stato di 1,22 e 1,02 kg CO₂eq/kg FPCM considerando le aziende agricole al di sotto della media GWP e il miglior 10% rispettivamente. Negli scenari peggiori invece il GWP del latte è stato di 1,59 e 1,83 kg CO₂eq/kg FPCM considerando le aziende al di sopra della media e il peggior 10% rispettivamente.

L'impatto del cluster alimenti acquistati (AQ) è variato tra il 28% nello scenario del miglior 10% e il 35% degli scenari reale e inferiore alla media; il contributo delle emissioni enteriche è variato tra il 35% dello scenario peggiore e il 48% dello scenario migliore. Nel peggiore scenario del 10% i cluster degli alimenti prodotti (AP) e dei consumi aziendali (CA) hanno avuto il livello di contributo più alto, rispettivamente il 10% e l'11%.

Considerando l'impatto ambientale del formaggio Grana Padano DOP, il contributo del latte sul totale varia dal 93,4% nello scenario del peggior 10% al 96,2% nello scenario del miglior 10%. Il GWP medio è stato pari a 7,68 e 9,04 kg di CO₂eq/kg di Grana Padano DOP nel miglior 10% e sotto la media e a 13,34 e 11,90 kg di CO₂eq/kg di Grana Padano DOP nel peggior 10% e sopra la media.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
UCSC	Materiale consumabile per spettri FTIR	9.000,00
Totale:		9.000,00

Spesa inclusa nelle fatture UCSC

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Sulla scorta dei risultati ottenuti è stato predisposto un questionario per i parametri aventi impatto rilevante sulle emissioni di metano; per ogni azienda sono stati raccolti campioni di latte e valutati gli spettri FTIR	19.894,60
Totale:				19.894,60

2.1 Attività e risultati

Azione	4 Divulgazione
Unità aziendale responsabile	Agriform e UCSC
Descrizione delle attività	<p>Sono stati redatti 3 articoli su riviste tecniche di settore, uno pubblicato sulla rivista <i>Informatore Zootecnico</i> n. 4-2020 del 28 febbraio con titolo “Così nella realtà piacentina - L’impatto ambientale della produzione di latte, autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani.</p> <p>Il secondo articolo dal titolo “Sostenibilità e impronta carbonica: conoscere e misurare per poter migliorare” è apparso sulla rivista <i>Professione allevatore</i> n. 37/2020 a firma di Luca Acerbis – giornalista e coordinatore redazionale della medesima rivista è stato prodotto in collaborazione con i dott. Giulia Ferronato e Luca Cattaneo.</p> <p>Il terzo articolo, destinato alla rivista <i>BiancoNero</i> edita da Associazione Nazionale Allevatori razza Frisona Italiana e Jersey con titolo “Produrre e comunicare latte sostenibile” ed avente come autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani è stato sottoposto e sarà pubblicato sul prossimo numero di maggio – giugno 2020.</p> <p>È stato pubblicato un articolo sul giornale “Libertà” in data 10 aprile 2019 dal titolo “Emissioni globali sotto i riflettori, si va verso una zootecnia sostenibile” in collaborazione con la dott.ssa Claudia Molinari, giornalista per tale testata. Sullo stesso giornale è apparso in data 19 febbraio 2020 un articolo di presentazione del secondo convegno “Zootecnia sostenibile, due convegni in Cattolica”.</p> <p>Un ulteriore articolo, previsto successivamente al convegno finale tenutosi il 21 febbraio 2020 non è stato pubblicato in quanto la redazione ha deciso di dare priorità all’emergenza Covid-19 e alle sue ripercussioni anche sul settore agro-alimentare. È prevista la sua pubblicazione non appena l’attuale situazione emergenziale sarà almeno parzialmente rientrata.</p> <p>Sono stati organizzati due convegni, entrambi ospitati presso la Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali di Piacenza.</p> <p>Il primo, intitolato “Produzione sostenibile del latte per Grana Padano DOP: i caseifici sociali si aggiornano”, si è tenuto il giorno 5 aprile 2019 secondo il seguente programma:</p>

- Introduzione (Prof. Marco Trevisan, Preside della Facoltà di Scienze Agrarie, alimentari e Ambientali; Dott. Nisio Paganin, Direttore Agriform sca).
- Rilevanza della sostenibilità ambientale per la valorizzazione dei prodotti DOP: il caso del Grana Padano DOP (Dott. Nicola Cesare Baldrighi, Presidente Consorzio Tutela Grana Padano)
- La valutazione della sostenibilità ambientale della produzione di latte mediante l'approccio LCA e il progetto Agriform "OPTIGRANASOST": finalità e protocolli operativi (Dott. Paolo Bani, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- L'impronta carbonica della produzione di latte: su quali punti critici è opportuno concentrarsi? (Dott.ssa Giulia Ferronato, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Sostenibilità e benessere animale nelle politiche della Regione Emilia Romagna (Dott.ssa Simona Caselli, Assessore regionale all'agricoltura, caccia e pesca, Regione Emilia Romagna).

Il secondo convegno, organizzato a chiusura delle attività si è tenuto il giorno 21 febbraio 2020 secondo il seguente programma:

- Presentazione del progetto (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Coniugare sostenibilità economica e ambientale nell'allevamento di bovine da latte: il ruolo dei mercati e della nuova PAC (Prof. Gabriele CANALI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Quantificazione delle emissioni di gas ad effetto serra da allevamenti di bovine da latte del piacentino e individuazione dei punti critici (Dott.ssa Giulia FERRONATO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- La stima delle emissioni di GHG attraverso uno strumento informatico di semplice utilizzo a supporto degli allevatori (Dott. Luca CATTANEO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Alla luce dei risultati del progetto OptiGranaSost, come è possibile ridurre ulteriormente le emissioni climalteranti collegate alla produzione del latte per Grana Padano DOP? (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Intervento programmato Dott. Gian Maria DESENZANI, Agriform sca

Sono stati svolti due momenti di presentazione del progetto e del suo stato di svolgimento presso il Caseificio sociale S. Vittoria, in occasione di incontri

	<p>organizzati sul tema del PSR in oggetto, in data 20 marzo 2019 e 19 giugno 2019.</p> <p>Erano previsti due incontri formativi da svolgersi al termine delle attività presso i caseifici per l'illustrazione del software sviluppato e delle sue potenzialità di impiego pratico, temporaneamente posticipati a causa delle restrizioni insorte subito dopo il convegno finale.</p> <p>È stato allestito un sito web (https://dipartimenti.unicatt.it/diana-la-ricerca-optigranasost) che riporta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - informazioni relative al progetto; - una selezione della letteratura scientifica internazionale sul tema delle emissioni e della loro quantificazione in azienda (con riassunto in italiano); - riferimenti a materiale informativo nazionale sul medesimo tema e ad altri progetti operanti nel medesimo ambito; - le presentazioni relative ai due convegni; - materiale divulgativo relativo al progetto e alla tematica delle emissioni, prodotto dai ricercatori afferenti al progetto OptiGranaSost. <p>Tale sito rimarrà attivo e continuerà ad essere aggiornato almeno per tutto l'anno 2020.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti sono stati raggiunti.</p>

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Non è previsto impiego di personale interno AGRIFORM

2.3 Trasferte

Non sono previste trasferte di personale interno AGRIFORM

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Non previsti

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

--

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UCSC		189.299,45 + iva	Organizzazione attività di divulgazione e trasferimento	13.777,65
Totale:				13.777,65

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico scientifiche	La limitata informatizzazione della contabilità delle aziende agricole coinvolte nel progetto ha reso difficoltoso il reperimento dei dati richiesti per i calcoli di impatto ambientale.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	L'emergenza sanitaria connessa al Covid19 ha ostacolato solo parzialmente il completamento delle attività di progetto.
Criticità finanziarie	nessuna

4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

5 - Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

Si ritiene che le procedure gestionali abbiano consentito di svolgere il lavoro di ricerca secondo le modalità previste e senza disagi o contrattamenti, per cui su di esse si esprime un parere positivo.

6 - Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

Il progetto di ricerca ha avuto come oggetto l'impronta carbonica della produzione di latte e della sua successiva trasformazione a formaggio Grana Padano DOP, attraverso diverse azioni. È stata misurata l'impronta carbonica (kg di CO₂eq / kg di latte corretto per grasso e proteina, FPCM) attraverso l'approccio Life Cycle Assessment (LCA) su 27 aziende conferenti a due caseifici sociali della Provincia di Piacenza mediante la raccolta dei necessari dati aziendali riferiti all'anno 2017. Il potenziale di riscaldamento globale (GWP) medio di 1 kg di FPCM è stato pari a 1,33± 0,21 kg di CO₂eq, compreso tra 1,02 e 1,62. Il maggior contributo è stato quello delle emissioni enteriche (0,51 kg di CO₂eq) seguito dai cluster alimenti acquistati, emissione da reflui, consumi aziendali e alimenti prodotti il cui contributo percentuale è stato pari rispettivamente pari al 39%, 36%, 13%, 6% e 6%. Le emissioni di metano hanno contribuito in media per il 47% al totale, seguite dalle emissioni di CO₂ (38%) e N₂O (13%). Il CH₄ è stato dovuto alle fermentazioni enteriche (75%) e alle fermentazioni dei reflui (15%). L'N₂O derivava principalmente dallo stoccaggio dei reflui (45%) e dall'acquisto di mangimi (36%). Le emissioni di CO₂ sono state associate all'acquisto di alimenti e associate al cambio d'uso del suolo e all'uso di combustibili fossili. Le aziende hanno presentato un'alta variabilità sia nei valori assoluti di emissione da ciascun cluster sia nella sua incidenza sul GWP complessivo. Un ruolo chiave per la mitigazione dell'impatto ambientale è risultato essere il livello di produzione di latte che potrebbe essere considerato la principale strategia diretta, integrata da interventi nella gestione del letame e dei fertilizzanti in grado di ottimizzare l'uso di azoto e fosforo e di ridurre le emissioni di N₂O. Da 20 aziende sono stati prelevati campioni di latte, dei quali sono stati acquisiti gli spettri IR ed è stata determinata la composizione in acidi grassi, e di unifeed, analizzati per le loro caratteristiche chimico – nutrizionali e la produzione potenziale di metano misurata in vitro. Queste informazioni sono state impiegate per la stima indiretta delle emissioni di metano. Benché simili nei valori medi, le stime riferite alle singole aziende e ai singoli animali sono risultate poco correlate tra loro, suggerendo una scarsa adeguatezza di questi marker per la quantificazione delle emissioni di metano enterico. È stata valutata anche la LCA del processo di trasformazione casearia e stagionatura del formaggio. Il potenziale di riscaldamento globale del Grana Padano DOP è dipeso per il 95% dalla fase agricola e per il 5% dalla fase casearia. È stato predisposto un software basato su Microsoft Excel® che prendendo in considerazione soprattutto i cluster maggiormente impattanti e con maggiore variabilità consente di ottenere una stima della impronta carbonica di azienda che è risultata altamente correlata ai valori calcolati in base alla metodica di riferimento e che può essere impiegato anche da personale non particolarmente esperto. È stata svolta una importante attività di sensibilizzazione e di disseminazione delle informazioni attraverso la organizzazione di due partecipati convegni intitolati "Produzione sostenibile del latte per Grana Padano DOP: i caseifici sociali si aggiornano" (5/4/ 2019) e "Modello innovativo per l'ottimizzazione della sostenibilità ambientale della filiera di produzione del formaggio grana padano DOP – OPTIGRANASOST (21/02/2020) e due momenti di presentazione del progetto e del suo stato di svolgimento presso il Caseificio sociale S. Vittoria. Sono stati redatti 2 articoli su riviste tecniche di settore pubblicati su Informatore Zootecnico n. 4-2020 e Professione allevatore n. 37/2020. Un terzo sarà pubblicato nel numero di luglio/agosto 2020 della rivista BiancoNero. Sono stati pubblicati due articoli sul giornale "Libertà" in data 10 aprile 2019 e 19 febbraio 2020.

Le ricadute sulla filiera produttiva del formaggio Grana Padano DOP e sul territorio sono potenzialmente molteplici.

L'azione di informazione, sensibilizzazione e diffusione dei risultati, che continuerà anche in futuro attraverso la pubblicazione dei risultati su riviste scientifiche, per le quali i tempi di pubblicazione non sono stati compatibili con la breve durata del progetto, e mediante la redazione di articoli tecnici sull'argomento in oggetto, si ritiene che abbia raggiunto un buon numero di stakeholder e più in generale di allevatori, tecnici e cittadini comuni. L'ottimo riscontro avuto in termini di adesione sia

numerica e ancor più di partecipazione attiva ai due congressi organizzati nell'ambito di questa attività di ricerca testimoniano quanto la tematica dell'impatto ambientale degli allevamenti zootecnici fosse sentita e bisognosa di informazioni.

L'aver messo a disposizione un software concepito per essere "user-friendly" ma al tempo stesso capace di fornire indicazioni molto prossime a quelle ottenibili con strumenti informatici molto più onerosi in termini sia economici che di impegno e competenze richieste mette le associazioni di allevatori e trasformatori nelle condizioni di meglio ponderare le ricadute in termini di impronta carbonica di interventi strutturali e manageriali previsti o prevedibili a livello delle singole aziende agricole o a livello più generale.

Nel complesso, il lavoro svolto può essere considerato come un contributo, ancorché non risolutivo ma certamente propedeutico e di supporto a un processo di certificazione della carbon footprint della produzione di Grana Padano DOP.

Sono stati redatti 3 articoli su riviste tecniche di settore: uno pubblicato sulla rivista *Informatore Zootecnico* n. 4-2020 del 28 febbraio con titolo "Così nella realtà piacentina - L'impatto ambientale della produzione di latte, autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani.

Il secondo articolo dal titolo "Sostenibilità e impronta carbonica: conoscere e misurare per poter migliorare" è apparso sulla rivista *Professione allevatore* n. 37/2020 a firma di Luca Acerbis – giornalista e coordinatore redazionale della medesima rivista è stato prodotto in collaborazione con i dott. Giulia Ferronato e Luca Cattaneo.

Il terzo articolo, destinato alla rivista *BiancoNero* edita da Associazione Nazionale Allevatori razza Frisone Italiana e Jersey con titolo "Produrre e comunicare latte sostenibile" ed avente come autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani è stato sottoposto e sarà pubblicato sul prossimo numero di maggio – giugno 2020.

È stato pubblicato un articolo sul giornale "Libertà" in data 10 aprile 2019 dal titolo "Emissioni globali sotto i riflettori, si va verso una zootecnia sostenibile" in collaborazione con la dott.ssa Claudia Molinari, giornalista per tale testata.

Sullo stesso giornale è apparso in data 19 febbraio 2020 un articolo di presentazione del secondo convegno "Zootecnia sostenibile, due convegni in Cattolica".

Un ulteriore articolo, previsto successivamente al convegno finale tenutosi il 21 febbraio 2020 non è stato pubblicato in quanto la redazione ha deciso di dare priorità all'emergenza Covid-19 e alle sue ripercussioni anche sul settore agro-alimentare. È prevista la sua pubblicazione non appena l'attuale situazione emergenziale sarà almeno parzialmente rientrata.

Sono stati organizzati due convegni, entrambi ospitati presso la Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali di Piacenza.

Il primo, intitolato "Produzione sostenibile del latte per Grana Padano DOP: i caseifici sociali si aggiornano", si è tenuto il giorno 5 aprile 2019 secondo il seguente programma:

- Introduzione (Prof. Marco Trevisan, Preside della Facoltà di Scienze Agrarie, alimentari e Ambientali; Dott. Nisio Paganin, Direttore Agriform sca).
- Rilevanza della sostenibilità ambientale per la valorizzazione dei prodotti DOP: il caso del Grana Padano DOP (Dott. Nicola Cesare Baldrighi, Presidente Consorzio Tutela Grana Padano)
- La valutazione della sostenibilità ambientale della produzione di latte mediante l'approccio LCA e il progetto Agriform "OPTIGRANASOST": finalità e protocolli operativi (Dott. Paolo Bani, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- L'impronta carbonica della produzione di latte: su quali punti critici è opportuno concentrarsi? (Dott.ssa Giulia Ferronato, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Sostenibilità e benessere animale nelle politiche della Regione Emilia Romagna (Dott.ssa Simona Caselli, Assessore regionale all'agricoltura, caccia e pesca, Regione Emilia Romagna).

Il secondo convegno, organizzato a chiusura delle attività si è tenuto il giorno 21 febbraio 2020 secondo il seguente programma:

- Presentazione del progetto (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Coniugare sostenibilità economica e ambientale nell'allevamento di bovine da latte: il ruolo dei mercati e della nuova PAC (Prof. Gabriele CANALI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Quantificazione delle emissioni di gas ad effetto serra da allevamenti di bovine da latte del piacentino e individuazione dei punti critici (Dott.ssa Giulia FERRONATO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- La stima delle emissioni di GHG attraverso uno strumento informatico di semplice utilizzo a supporto degli allevatori (Dott. Luca CATTANEO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Alla luce dei risultati del progetto OptiGranaSost, come è possibile ridurre ulteriormente le emissioni climalteranti collegate alla produzione del latte per Grana Padano DOP? (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Intervento programmato Dott. Gian Maria DESENZANI, Agriform sca

Sono stati svolti due incontri di presentazione del progetto e del suo stato di svolgimento presso il Caseificio Santa Vittoria, cui sono stati invitati tutti i soci dei caseifici, in data 20 marzo 2019 e 19 giugno 2019.

È stato allestito un sito web (<https://dipartimenti.unicatt.it/diana-la-ricerca-optigranasost>) che riporta:

- informazioni relative al progetto;
- una selezione della letteratura scientifica internazionale sul tema delle emissioni e della loro quantificazione in azienda (con riassunto in italiano);

- riferimenti a materiale informativo nazionale sul medesimo tema e ad altri progetti operanti nel medesimo ambito;
- le presentazioni relative ai due convegni;
- materiale divulgativo relativo al progetto e alla tematica delle emissioni, prodotto dai ricercatori afferenti al progetto OptiGranaSost.

Sommacampagna, 26 giugno 2020

IL LEGALE RAPPRESENTANTE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

Dipartimento di Scienze Animali, della nutrizione e degli Alimenti

Progetto di ricerca “Modello innovativo per l’ottimizzazione della sostenibilità ambientale della filiera di produzione del formaggio Grana Padano DOP - OPTIGRANASOST” – CUP E33E1800009007

Relazione finale

Relazione finale relativa al contratto sottoscritto da AGRIFORM Società Cooperativa agricole con sede legale in Via Rezzola 21, 37066 Sommacampagna VR, C.F. e P.I. n. 01315410231 e l'Università Cattolica del Sacro Cuore in data 12 ottobre 2018 per la fornitura di consulenza specialistica ai sensi del bando nell'ambito dell'Operazione 16.2.01 PSR Emilia-Romagna – Bando DGR 227/2017 e s.m.i. - Progetto Filiera F80 mediante svolgimento del progetto di ricerca “Modello innovativo per l'ottimizzazione della sostenibilità ambientale della filiera di produzione del formaggio Grana Padano DOP - OPTIGRANASOST” – CUP E33E18000090007.

La presente relazione descrive i risultati ottenuti nell'ambito del progetto, suddivisi per le sei azioni specificate nell'allegato al contratto sopra citato.

AZIONE 1

CARATTERIZZAZIONE ANALITICA E RILIEVO DEI DATI DEGLI ALLEVAMENTI E CALCOLO DELLO SPECIFICO CONTRIBUTO DEI PRINCIPALI COMPONENTI DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Potenziale di riscaldamento globale del latte per il Grana Padano DOP prodotto in dieci aziende zootecniche da latte della provincia di Piacenza

1. Introduzione

La domanda globale di latte e prodotti lattiero-caseari è aumentata notevolmente negli ultimi dieci anni, insieme alle accuse di inquinamento ambientale relativamente al settore agro-zootecnico. La Pianura Padana è nota per un alto livello di intensificazione del settore zootecnico, che è principalmente legato alla presenza di alcuni prodotti DOP, come il Grana Padano e il Parmigiano Reggiano o il Prosciutto di Parma. La Commissione Europea sostiene molte azioni per ridurre l'impatto ambientale del settore agro-zootecnico. Queste sono contenute nella Politica Agricola Comune (PAC) e applicate a livello statale attraverso le strategie locali e l'utilizzo di Programmi di Sviluppo Rurale (PSR). Negli ultimi anni, la valutazione del ciclo di vita attraverso l'approccio Life Cycle Assessment (LCA) (ISO 14040, 2006), originariamente sviluppata per valutare l'impatto ambientale di un prodotto industriale o di un processo, è stata applicata anche al latte e ai prodotti lattiero-caseari (Leip et al., 2015), e sono state redatte linee guida specifiche come la PEFCR per i prodotti lattiero-caseari (Environmental and Category, 2020) e la guida IDF per un approccio comune all'impronta di carbonio per il settore lattiero-caseario (FIL-IDF, 2015). Tuttavia, un problema associato al suo utilizzo è la comparabilità tra gli studi poiché diversi obiettivi, sistemi, unità funzionali e metodi di analisi possono comunque essere utilizzati. Inoltre, non sempre tutte le informazioni metodologiche vengono chiaramente riportate (Pirlo, 2012).

La stima dell'impatto ambientale a livello di azienda agro-zootecnica è riconosciuta come complessa poiché molti fattori sono coinvolti nella produzione di latte, a partire dall'efficienza del singolo animale fino all'origine dei mangimi e alla variabilità della qualità stessa dei prodotti alimentari utilizzati (Iribarren et al., 2011). Il "fattore azienda" è un'altra variabile importante che potrebbe influenzare il potenziale di ogni strategia di mitigazione e proprio l'ottimizzazione del sistema potrebbe essere la soluzione chiave (Bava et al., 2014).

Gli obiettivi generali di questo lavoro sono stati la quantificazione dell'impronta carbonica della produzione di 1 kg di latte, corretto per grasso e proteine, e l'identificazione dei processi che maggiormente contribuiscono a tale impatto.

2. Materiali e metodi

Obiettivo e campo di applicazione

Lo scopo di questo studio è stata la valutazione dell'impronta carbonica della produzione di latte per la produzione di Grana Padano DOP in dieci aziende agricole situate nella provincia di Piacenza. Sono state inoltre ricercare le principali fonti di emissione ed i relativi processi connessi per individuare le potenziali migliori strategie di mitigazione a livello aziendale.

Definizione del sistema

Lo studio ha seguito un approccio "dalla culla al cancello aziendale", comprendendo tutti i processi necessari alla produzione di latte. Le emissioni indirette prese in considerazione hanno riguardato la produzione di fertilizzanti chimici, pesticidi, sementi, estrazione di combustibili fossili, trasporto e produzione di alimenti acquistati. Il sistema ha tenuto conto anche delle emissioni di protossido di azoto e metano dovute allo stoccaggio e all'applicazione sul campo dei reflui e alle emissioni di metano dovute a fermentazione enterica.

Unità funzionale

L'unità funzionale considerata è stata 1 kg di latte corretto per grassi e proteine (FPCM), come suggerito da Gerber et al. (2011), al fine di confrontare l'efficienza delle aziende agricole e le loro strategie di gestione. L'equazione riportata nel report FIL-IDF (2015) è stata utilizzata per convertire il latte in FPCM.

Criteri di assegnazione

La produzione di latte a livello aziendale è un processo multifunzionale che genera diversi prodotti e sottoprodotti, in particolare latte e carne grazie ai giovani vitelli e alle mucche abbattute. A tal fine è stato scelto un criterio di allocazione biofisica basato sul fabbisogno energetico fisiologico dell'animale per produrre latte e carne (FIL-IDF, 2015).

Fonti dei dati

I dati primari sono stati raccolti nelle 10 aziende coinvolte tramite un questionario appositamente redatto. I dati raccolti sono stati organizzati in 7 cluster relativamente a 1) composizione e performance della mandria, 2) strategia alimentare, 3) produzione e composizione del latte, 4) produzione di carne e tipologia di animali venduti o abbattuti, 5) produzione e modalità stoccaggio reflui, 6) autoproduzione di colture destinate all'alimentazione animale, 7) consumo di energia e combustibili e materiali per lettiera

I dati secondari relativi alla produzione degli alimenti acquistati, al consumo di energia e di altri materiali (pesticidi, fertilizzanti chimici, sementi e detergenti) sono stati ricavati da specifiche banche dati: Eco invent (versione .3.2) (Frischknecht, 2011), Agri-footprint (versione .2.0) (Durlinger et al., 2014), European Life Cycle database (ELCD) (v.3.1; JRC-IES, 2015) (Commissione europea - Centro comune di ricerca - Istituto per l'ambiente e la sostenibilità, 2010) e U.S. Life Cycle Inventory (USLCI) (National Renewable Energy Laboratory, 2015). Le emissioni dovute alla fermentazione enterica e alla fermentazione dei reflui (CH₄), all'applicazione di letame (CH₄, N₂O, NH₃, NO₃), all'applicazione di fertilizzanti (N₂O, CO₂) e all'applicazione di pesticidi sono

state calcolate sulla base di equazioni specifiche riportate in bibliografia. Tutti i dati si riferiscono all'anno 2017.

Analisi dell'inventario

Gli input sono stati organizzati in quattro cluster per identificare facilmente i processi che contribuiscono all'impatto ambientale. I cluster sono stati: alimenti acquistati (AA), alimenti prodotti (AP), consumi aziendali (CA), emissioni enteriche (EE), emissione da reflui (ER).

Alimenti prodotti

La produzione di alimenti per l'alimentazione animale è stata inclusa nei confini del sistema analizzato. Sono state prese in considerazione tutte le colture destinate all'alimentazione animale. È stata utilizzata un'allocazione di massa qualora parte della materia prima prodotta fosse venduta mentre quando la coltura prodotta è risultata completamente destinata alla vendita si è evitata allocazione non includendola nei confini del sistema.

Sono state prese in considerazione le operazioni colturali e il processo di produzione degli input utilizzati. questi includevano: produzione di sementi, produzione di fertilizzanti e pesticidi, produzione di combustibili fossili e combustione per le operazioni sul campo. Non sono stati considerati il consumo di acqua, il trasporto degli input e l'uso del suolo. La quantità totale degli input consumati è stata raccolta attraverso un'indagine dettagliata e poi assegnata alle singole colture secondo le linee guida dei disciplinari di produzione integrata (Reg. CE/1305/13; Reg. CE/1308/13). Secondo la formula NPK, i fertilizzanti erano stati categorizzati e le emissioni dirette e indirette di protossido di azoto (N₂O) nell'aria sono state stimate secondo il metodo Tier 1 dell'IPCC (2006). Le emissioni di ammoniaca (NH₃) sono state stimate applicando i coefficienti riportati in EMEP-EA (2016), mentre le emissioni di anidride carbonica (CO₂) dovute all'applicazione di urea sono state stimate secondo il metodo Tier 1 dell'IPCC (2006). Le emissioni di pesticidi sono state completamente allocate al suolo come suggerito da Agri-footprint (versione .2.0) (Durlinger et al., 2014) a causa dell'assenza di dati relativi allo stadio vegetativo della coltura al momento dell'applicazione. I consumi di carburante sono stati assegnati alle operazioni di campo secondo il Decreto Legislativo n° 50/2016 (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2016) e le emissioni stimate con i dati di Agri-footprint. Le emissioni dovute ai residui delle colture non sono state considerate per mancanza di informazioni. Per ogni coltura sono state registrate anche le modalità di produzione e di stoccaggio.

Alimenti acquistati

Sono stati considerati l'acquisto sia di materie prime che di concentrati, mentre l'integrazione minerale-vitaminica è stata esclusa. Per ogni tipo di concentrato acquistato, sono stati registrati la destinazione della categoria animale, la distanza di trasporto e il numero di consegne. Inoltre, è stata considerata l'origine della materia prima (nazionale, UE o extra-UE). Per ogni azienda agricola sono stati creati e considerati quattro diversi tipi di mangimi concentrati. Ogni mangime è stato specificatamente formulato per la categoria animale di destinazione e gli specifici fabbisogni energetici, e rappresentativo dei mangimi utilizzati dalle dieci aziende agricole nel corso dell'anno. Tutti i dati sono stati validati al fine di escludere le eccedenze non assegnate alla produzione annuale di latte (cioè le scorte di magazzino).

Consumi aziendali

Sono stati raccolti i quantitativi di gasolio, GPL e metano consumati per le attività aziendali. È stato stimato il consumo di gasolio per le attività di alimentazione. Inoltre, sono state registrate informazioni sull'utilizzo di detersivi durante la fase di mungitura. Sono stati considerati inoltre il tipo di materiali per lettiera e la

quantità acquistata nel corso dell'anno, ma il loro trasporto non è stato considerato a causa della mancanza di dati a livello aziendale.

Fermentazioni enteriche

Le emissioni di metano sono state calcolate relativamente alla categoria animale (vitelli dalla nascita allo svezzamento, vitelli da due mesi a un anno, manze da uno a due anni, vacche in lattazione e vacche asciutte) e al numero di animali per ciascuna categoria mediamente presenti nell'anno considerato. Le emissioni di metano sono state stimate applicando l'approccio Tier 2 dell'IPCC (2006). È stato utilizzato un fattore di conversione del metano (Y_m) del 6,5%, ma per i vitelli non svezzati è stato fissato a zero, come suggerito dalle stesse linee guida. Il coefficiente per il calcolo dell'energia netta di mantenimento è stato pari a 0,322 MJ/giorno/kg di peso vivo (PV) per le vacche non in lattazione e pari a 0,386 MJ/giorno/kg PV per quelle in lattazione. L'energia netta per la produzione di latte è stata calcolata considerando la produzione per vacca media giornaliera aziendale e la percentuale di grasso. L'energia netta per il lavoro è stata considerata pari a zero. Il fabbisogno di gravidanza è stato considerato pari a 0,10 MJ/giorno. L'energia digeribile espressa in percentuale dell'energia lorda è stata pari al 70%, come suggerito dall'IPCC.

Fermentazioni del letame

La produzione di reflui è stata stimata a partire dai valori riportati nella Direttiva Nitrati (Commissione UE, 2000) e le emissioni di metano derivate sono state calcolate applicando il Tier 2 dell'IPCC (2006). La capacità massima di produzione di metano dei reflui (B_0) applicata è stata pari a 0,24 m³ CH₄/kg di solidi volatili (VS) come suggerito dall'IPCC (2006). I fattori di conversione del metano sono stati specifici per la regione climatica e la gestione del letame e pari al 2% per lo stoccaggio solido, al 14% per il liquame senza copertura di crosta naturale, al 22% per il liquame con copertura di crosta naturale e all'1% per il digestore anaerobico. L'energia urinaria (UE), inclusa nella formula per il calcolo dell'escrezione VS, è stata pari al 4% dell'energia grezza e il contenuto di ceneri pari all'8% della sostanza secca alimentare. Le emissioni dirette e indirette di protossido di azoto sono state calcolate utilizzando l'approccio Tier 1 dell'IPCC (2006). L'escrezione media annua di azoto (kg/capo/anno) è stata ricavata dal Regolamento Regionale dell'Emilia-Romagna n° 3/2017 che riporta N escrezioni (kg/capo) pari a 82,80 per le vacche in lattazione, 36 per animali da rimonta e 12 per i vitelli non svezzati. I fattori di emissione (EF_3) per le emissioni dirette, espressi come N₂O-N/kg N, sono stati pari a 0,005 per lo stoccaggio solido e il liquame con copertura di crosta naturale e pari a zero per le altre condizioni di stoccaggio. Il fattore di emissione (EF_4) per le emissioni indirette è stato pari a 0,01 kg N₂O-N/kg N. La percentuale di azoto volatilizzato ($Frac_{GASms}$) è stata pari al 28% del totale per lo stoccaggio di solidi e liquami e al 7% per il digestore anaerobico. La percentuale di azoto totale perso per lisciviazione ($Frac_{LEACHms}$) è stata pari al 10% e il fattore di emissione (EF_5), espresso in kg N₂O-N/kg N, è stato pari a 0,0075. Sono state inoltre stimate le emissioni indirette dovute allo spandimento dei reflui considerando un fattore di emissione (EF_4) pari a 0,01 kg N₂O-N/kg N. Le emissioni all'interno delle strutture di stabulazione (Rotz, 2018) (Joo et al., 2015) (Šimon et al., 2017) non sono state prese in considerazione perché tutte le aziende sono state caratterizzate da sistemi di rimozione giornaliera, che raccoglievano i reflui in pre-vasche dove le emissioni sono state contabilizzate come assenza di copertura naturale della crosta MCF.

Valutazione dell'impatto

L'inventario di valutazione del ciclo di vita è stato analizzato con il software SimaPro (versione 9.0). È stata valutata la categoria di impatto di Global Warming Potential (GWP 100 anni), espresso in kg CO₂eq/kg FPCM (IPCC, 2013) dove l'equivalenza di anidride carbonica considerata corrisponde a 28 per il metano e 265 per il protossido di azoto e 1 per l'anidride carbonica.

Analisi statistica

L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando il software R (versione 3.6.1). Il test di Kruskal-Wallis è stato applicato per verificare le differenze tra aziende a bassa e alta produzione di latte. Inoltre, è stato applicato il test di correlazione di Pearson per indagare la relazione tra impatto ambientale e dati primari.

3. Risultati

Descrizione delle aziende lattiere

Le aziende coinvolte nell'analisi sono state caratterizzate da un'elevata intensità, sia per quanto riguarda l'allevamento degli animali che i sistemi di coltivazione. Il numero medio di unità di bestiame (UBA) per azienda è stato di 331 ± 160 con una percentuale di animali da rimonta, espressa in UBA, pari a $33 \pm 3,16\%$. Le performance della mandria sono state caratterizzate da un periodo di interparto di 417 ± 26 giorni e da un'età al primo parto di $26 \pm 0,94$ mesi con un livello di produzione giornaliera media di $29,84 \pm 2,82$ kg FPCM/capo/giorno. I terreni agricoli disponibili per la produzione di alimenti sono stati pari a 106 ± 51 ha dedicati per il $90 \pm 17\%$ all'autoproduzione. In particolare, la percentuale di terreno destinato alle colture foraggere era pari all' $84 \pm 16\%$. L'autosufficienza per la produzione di alimenti è stata mediamente pari al $67 \pm 14\%$. L'indice di intensificazione è stato elevato e corrispondente a $3,19 \pm 1,17$ UBA/ha e a $2,11E+04 \pm 9,40E+03$ kg FPCM/ha. Sono stati creati due gruppi di aziende in base al livello di produzione medio giornaliero. Il gruppo ad alta produzione (> 29 kg FPCM/capo/giorno) è stato caratterizzato da una produzione media di latte di $32,11 \pm 1,67$ kg FPCM/capo/giorno, un periodo interparto di $402 \pm 19,1$ giorni e un'efficienza alimentare pari a $1,53 \pm 0,25$ kg FPCM/kg sostanza secca ingerita. Questi parametri sono risultati significativamente ($p < 0,01$) diversi dal gruppo a bassa produttività (< 29 kg FPCM/capo/giorno) dove la produzione di latte è stata di $27,57 \pm 1,45$ kg FPCM/capo/giorno, periodo interparto pari a $432 \pm 24,52$ giorni e un'efficienza alimentare di $1,21 \pm 0,09$ kg FPCM/kg sostanza secca.

Fattore di allocazione

Il fattore di allocazione calcolata su base biofisica per il latte (L-AF) è risultato pari all' $86\% \pm 3,18$, e compreso tra l'81 e il 91%, quindi lo stesso valore riferito alla carne (C-AF) aveva un valore pari a $14 \pm 3,18$, compreso tra il 9,40 e il 19,24%. L'azienda agricola n° 3 ha mostrato il L-AF più alto mentre l'azienda agricola n° 5 il più basso.

Potenziale di riscaldamento globale

Il potenziale di riscaldamento globale (GWP) medio di 1 kg di FPCM è stato pari a $1,33 \pm 0,21$ kg di CO₂eq, compreso tra 1,02 e 1,62 kg di CO₂eq.

Il cluster con il maggior contributo è stato quello delle emissioni enteriche (EE) con un valore medio di 0,51 kg di CO₂eq seguito dai cluster AQ, ER, CA e AP (0,48, 0,18, 0,08, 0,07 kg di CO₂eq, rispettivamente). Il loro contributo medio espresso in percentuale del GWP totale è stato pari rispettivamente al 39%, 36%, 13%, 6% e 6%. CA ha mostrato il valore più alto di variazione (CV) seguito da AP, ER, AQ, mentre EE ha mostrato quello più basso. I flussi elementari di emissioni di gas serra più rilevanti sono stati CH₄ biogenico, N₂O e CO₂. Le emissioni di metano hanno contribuito in media per il 47% al totale, seguite dalle emissioni di CO₂ (38%) e N₂O (13%). Il CH₄ è stato dovuto alle fermentazioni enteriche (75%) e alle fermentazioni dei reflui (15%). L'N₂O derivava principalmente dallo stoccaggio dei reflui (45%) e dall'acquisto di mangimi (36%). Le emissioni di CO₂ sono state associate all'acquisto di alimenti (FA) e associate al cambio d'uso del suolo e all'uso di combustibili fossili. Il gas serra con il più alto coefficiente di variazione è stato il CO₂ (tabella 18). Il potenziale

di riscaldamento globale è risultato positivamente correlato ($p < 0,01$) con il periodo interparto e la durata della lattazione.

Alimenti acquistati

Il cluster ha mostrato un valore medio di GWP pari a 0,48 kg CO₂eq/kg FPCM, che va da 0,23 a 0,65 kg CO₂eq. In percentuale, il contributo medio è stato del 36%, compreso tra il 21 e il 46%. Il valore più alto espresso come kg di CO₂eq è stato associato all'azienda n° 5, dove è stato pari al 43% del GWP, mentre il contributo più basso è stato quello dell'azienda n° 4. Il valore più alto in kg CO₂eq/kg FPCM (0,81) è stato associato all'azienda n° 5. Nel frattempo, l'azienda n° 8 ha mostrato il più basso valore di emissioni espresso in kg CO₂eq/ kg FPCM (0,23). Il gas serra che ha contribuito maggiormente è stata la CO₂, in particolare la CO₂ legata al cambio d'uso del suolo, questa è stata completamente associata al cluster AQ, mentre la CO₂ fossile per il 44%. CO₂ legata al cambio d'uso del suolo del cluster AQ ha contribuito in media al GWP totale del latte per il 19%. Le emissioni di CO₂ sono state associate principalmente all'acquisto di farina di soia. In otto delle dieci aziende, la soia brasiliana è stata il secondo processo contributivo, nelle altre due aziende è stata il terzo contributore, e il suo impatto ha variato da 0,09 a 0,33 kg di CO₂eq/kg FPCM. L'acquisto di mangimi di soia ha contribuito al GWP totale per circa il 17%, con un range di variazione da 5% al 22%. La farina di soia è stata acquistata sotto forma di materia prima da quattro aziende, mentre nelle altre sei aziende agricole è stata inclusa solo nel concentrato. Solo due aziende, la n° 1 e la n° 9, non hanno acquistato concentrati, ma hanno utilizzato solo materie prime. Gli altri processi AQ che hanno influenzato il GWP sono stati rappresentati dalle emissioni dovute al consumo di gasolio per il trasporto, dall'acquisto di girasole, semi di lino e paglia e di sostitativi del latte.

Alimenti prodotti

Il cluster di produzione degli alimenti ha mostrato un GWP medio pari a 0,07 kg CO₂eq/kg FPCM, con un range da 0,04 a 0,12 kg CO₂eq/kg FPCM, corrispondente ad un contributo relativo al GWP totale pari al 5,5% (3%-9%). Il valore più alto di GWP è stato associato alle aziende n° 10 e 1°, con un valore di 0,13 e 0,11 kg CO₂eq/kg FPCM rispettivamente. L'azienda n° 8 ha avuto le emissioni più basse per kg di FPCM (0,04 kg di CO₂eq/kg FPCM), pari al 4% del suo GWP per kg di FPCM. Il valore percentuale più basso è stato associato all'azienda n° 6 (3%). La CO₂ fossile è stata la componente che ha contribuito maggiormente al cluster, con un valore medio pari al 25%, variabile dal 10% al 39%, e associata all' utilizzo di diesel, necessario per le operazioni colturali. La produzione di insilato di mais e fieno di erba medica ha caratterizzato tutte le dieci aziende agricole. L'insilato di mais ha avuto un GWP medio pari a 0,05 kg di CO₂eq/kg, che va da 0,03 a 0,09. I valori più bassi sono risultati associati alle aziende n° 3 e n° 7, mentre i più alti sono stati associati alle aziende n° 10. Il fieno di erba medica ha avuto un impatto medio di 0,04 kg di CO₂eq/kg con il valore più basso associato all'azienda n° 6 (0,01 kg di CO₂eq/kg) e il più alto con l'azienda n° 8 (0,09 kg di CO₂eq/kg).

Utilizzo delle risorse

Il cluster dei consumi aziendali (CA) ha avuto valore medio di GWP di 0,08 kg CO₂eq/kg FPCM, che andava da 0,03 a 0,13 kg CO₂eq. Il contributo relativo è stato pari al 6%, compreso tra il 3 e il 9%. L'azienda n° 6 ha avuto il valore più alto di emissioni totali di CA che hanno contribuito all'8% del suo GWP complessivo di 1 kg FPCM (0,12 kg CO₂eq/ kg FPCM). L'azienda n° 8 ha avuto il più alto impatto sul GWP di 1 kg FPCM (12%), pari a 0,13 kg CO₂eq/ kg FPCM. Le aziende n° 4 e n° 7 sono state caratterizzate da impianti a biogas e il cluster ER ha riportato la minore quantità di kg di CO₂eq/kg FPCM e il più basso contributo percentuale, la produzione di energia elettrica evitando l'energia elettrica da combustibile ha diminuito anche il contributo del cluster CA. L'azienda n° 4 appartiene al gruppo ad alta produttività e il suo GWP era al di sotto del valore medio. L'azienda n° 7 ha avuto il GWP più basso per kg FPCM.

Emissioni enteriche

Il cluster delle emissioni enteriche ha contribuito in media per il 39% del GWP totale dell'FPCM, risultando il cluster con il maggior impatto. Le emissioni medie per kg di FPCM sono state di 0,51 kg CO₂eq/kg FPCM, con un range di variazione da 0,48 a 0,57 kg CO₂eq/kg FPCM. L'azienda n° 3 ha avuto le maggiori emissioni per kg di FPCM (0,57 kg di CO₂eq/ kg FPCM) mentre l'azienda n° 1 ha avuto il valore più basso (0,48 kg di CO₂eq/ kg FPCM). L'azienda n° 3 ha avuto le più alte emissioni di EE per kg di FPCM, 0,45 kg di CO₂eq/ kg FPCM, e l'azienda n° 4 ha avuto le più alte emissioni di EE da animali da rimonta, 0,13 kg di CO₂eq/ kg FPCM. Gli allevamenti n° 9 e 1 hanno mostrato la EE più bassa per le vacche (0,37 kg CO₂eq/ kg FPCM) e per gli animali da rimonta (0,10 kg CO₂eq/ kg FPCM). Le emissioni enteriche dovute alle sole vacche è stato il processo che ha contribuito maggiormente in tutte le aziende agricole al GWP del latte con un valore medio del 31%, variando dal 27 al 40%, mentre il contributo delle emissioni dovute ad animali da rimonta è variato dal 7 al 13%, con un valore medio del 9%. L'azienda agricola n° 5 ha avuto il livello di contributo più basso per le vacche e per l'allevamento di emissioni enteriche, mentre l'azienda n° 7 ha avuto il contributo maggiore.

Emissioni da reflui

Le emissioni da reflui hanno rappresentato in media il 13% del GWP totale del latte, pari a 0,18 ± 0,06 kg CO₂eq/ kg FPCM. Le emissioni sono costituite da CH₄ per il 45% e N₂O per il 15% delle emissioni totali, rispettivamente. Queste hanno contribuito per il 47% e il 6%, rispettivamente, al GWP per kg di FPCM. L'azienda n° 4 ha avuto le emissioni più basse (0,06) mentre l'azienda n° 10 le più alte (0,26 kg CO₂eq/kg FPCM) se espresse in kg CO₂eq/kg FPCM ma anche come contributo percentuale, rispettivamente al 5% e al 18%. In particolare, l'allevamento n° 10 ha avuto il valore più alto di emissioni associate alle vacche (0,16 kg CO₂eq/ kg FPCM) mentre l'allevamento n° 4 il più basso (<0,02 kg CO₂eq/ kg FPCM). L'allevamento n°8 ha avuto il più alto livello di contributo per le emissioni da vacche (12%) e l'allevamento n°4 il più basso (< 2%). Il contributo delle emissioni associate alla quota di rimonta è risultato pari al 3% in tutte le aziende.

Carne

Il potenziale di riscaldamento globale per la produzione di carne, espresso in kg CO₂eq/ kg di peso vivo (LW), è stato pari a 9,33 ± 1,44, con un range di variazione da 7,28 a 11,25 kg CO₂eq/ kg PV (Tabella 25). Il valore più alto è stato associato all'azienda n° 5 (11,25 kg CO₂eq/ kg PV) mentre quello più basso all'azienda n° 7 (7,28 kg CO₂eq/ kg PV). L'allevamento n°4 ha avuto la maggiore produzione totale di carne (7,77E+05 kg PV) e l'allevamento n°8 il più basso (6,33E+04 kg PV).

4. Discussione

L'impatto ambientale del latte riportato in questo studio non può essere direttamente confrontato con tutti gli studi riportati in bibliografia perché le informazioni sul metodo non sono riportate in modo uniforme (Baldini et al., 2017) e le linee guida suggerite (confini del sistema, unità funzionale, metodo di assegnazione e metodo di impatto) (Environmental and Category, 2020; FIL-IDF, 2015; JRC, 2010) non sono sempre seguite.

Per quanto riguarda il Global Warming Potential, sono stati utilizzati i fattori di caratterizzazione GWP-100 riportati nell'IPCC (2013). Il valore medio di GWP ottenuto, pari a 1,33 ± 0,21 kg CO₂eq/kg FPCM, è in accordo con gli studi riportati in bibliografia relativi al latte prodotto in Pianura Padana per la produzione di formaggio Grana Padano. In particolare, Baldini et al., (2018) han riportato lo stesso valore medio del GWP mentre il GWP del latte ottenuto nel nostro studio è risultato superiore a quello riportato da Battini et al. (2016) (1,15 kg CO₂eq/kg FPCM) ma inferiore rispetto a Fantin et al. (2012) (1,5 kg CO₂eq/kg FPCM), Lovarelli et al. (2019)

(1,38 kg CO₂eq/kg FPCM) e Famiglietti et al. (2019) (1,43 kg CO₂eq/kg FPCM). Oltre ai valori medi, anche la variabilità del GWP del latte registrata nella presente indagine (da 1,02 a 1,62 CO₂eq/kg FPCM) è stata simile agli intervalli riportati dagli stessi autori. Gli stessi autori, in linea con i nostri risultati, hanno evidenziato che le emissioni dovute alla fermentazione enterica e allo stoccaggio dei reflui hanno contribuito per la maggior parte, seguite da alimenti acquistati e autoprodotti. Anche i contributi di gas serra registrati nello studio (47% per il CH₄, 38% per la CO₂ e 13% per l'N₂O) sono in linea con Baldini et al. (2018) anche se Fantin et al. (2012) ha riportato emissioni di N₂O più elevate (33%) e di CO₂ inferiori (23%). Le differenze identificate potrebbero essere influenzate dal fattore di emissione delle diverse versioni del metodo di caratterizzazione e dalle diverse voci del database. Inoltre, anche lo "stato dell'azienda agricola" avrebbe potuto influenzare fortemente i risultati finali. Nonostante l'intervallo abbastanza ampio nel GWP del latte registrato nella presente indagine, non è stato possibile evidenziare alcuna semplice relazione con i parametri dell'azienda agricola, se non il periodo di interparto. Ciò non sembra essere correlato al basso numero di aziende coinvolte, poiché anche altri studi LCA condotti su un numero piuttosto elevato di aziende lattiere non sono riusciti a trovare alcuna caratteristica univoca dell'azienda in grado di spiegare una parte significativa di questa variabilità (Veltman et al., 2018). Un altro aspetto che limita la possibilità della maggior parte degli studi LCA di isolare uno o pochi punti critici dell'azienda e quindi essere in grado di suggerire robuste strategie di miglioramento è che viene preso in considerazione solo un anno di attività dell'azienda. Le aziende di bovine da latte sono sistemi dinamici e situazioni di transizione, come l'aumento del numero di capi in lattazione o il cambio del sistema di mungitura, potrebbero variare i risultati finali. Un orizzonte temporale più lungo potrebbe compensare tali fluttuazioni, ma aumenterebbe i costi delle valutazioni LCA. Per superare queste difficoltà alcuni autori (Vellinga e de Vries, 2018; Zehetmeier et al., 2012) hanno utilizzato modelli matematici per valutare l'effetto di una o più caratteristiche dell'azienda, con particolare riguardo alla strategia alimentare, alla produttività, alla genetica e alla riproduzione, sulle emissioni di gas serra di un'azienda, confermando che la maggior parte dei possibili miglioramenti della produttività e dello stato riproduttivo delle vacche hanno portato a una riduzione del GWP del latte. Poiché le emissioni da fermentazioni enteriche e da letame rappresentano i principali cluster che influenzano il GWP del latte, è interessante focalizzare l'attenzione su di essi per cercare possibilità di riduzione. La metanogenesi è un processo fisiologico strettamente legato alla particolare fisiologia digestiva dei ruminanti che li caratterizza rispetto ai monogastrici. Oltre ad essere una questione ambientale, l'emissione di CH₄ rappresenta anche una perdita di energia per l'animale che si stima sia nell'intervallo tra il 2 e il 12% dell'energia grezza (Johnson e Johnson, 1995). Sono state valutate diverse strategie (Beauchemin et al., 2009) e il miglioramento dell'efficienza del mangime e l'integrazione di grassi sono stati riconosciuti come i più efficaci. Le norme del disciplinare di produzione del Grana Padano DOP limitano fortemente la possibilità di integrazione di grassi, in particolare da parte di fonti di acidi grassi polinsaturi, in quanto potrebbero influenzare la composizione del grasso del latte e del formaggio. La digeribilità della dieta e il rapporto tra concentrati e foraggi sono opzioni valide e sono state ampiamente studiate, anche per quanto riguarda la quota di foraggio nella dieta. Colombini et al. (2015) ha riferito come la sostituzione dell'insilato di mais con l'insilato di sorgo potrebbe diminuire gli input agronomici richiesti, ma ha aumentato la percentuale di perdita di energia CH₄ e la produzione di latte è diminuita. Diversi studi si sono concentrati anche sull'uso di composti vegetali attivi e di modificatori della fermentazione ruminale per diminuire la metanogenesi (Beauchemin et al., 2009; Cobellis et al., 2016; Martin et al., 2016; Sirohi, 2014). L'ottimizzazione del contenuto proteico della razione potrebbe ridurre l'escrezione di N in eccesso e ridurre indirettamente le emissioni di gas serra. Un approccio olistico è necessario per ridurre le emissioni di CH₄ e l'escrezione di azoto, migliorare la produzione di latte e passare attraverso il miglioramento dell'efficienza alimentare (kg di latte/kg DM) (Hristov et al., 2013) (VandeHaar et al., 2016). Per quanto riguarda le emissioni da reflui la strategia di stoccaggio e il trattamento dei reflui sono i principali fattori che influenzano il contributo del cluster. La strategia di mitigazione principale sarebbe la copertura dei serbatoi di stoccaggio dei liquami o l'introduzione di un impianto di biogas che evita parzialmente le emissioni durante lo stoccaggio del letame e l'utilizzo di energia prodotta a partire da risorse

fossili. Allo stesso tempo, anche il miglioramento della gestione degli effluenti (cioè il tempo di spandimento, l'incorporazione rapida) potrebbe essere un'opzione valida in quanto può indirettamente ridurre le emissioni attraverso la riduzione dell'uso di fertilizzanti azotati minerali (Coderoni et al., 2015) e l'impatto correlato. L'introduzione del biogas riporta i migliori benefici, ma l'effettiva riduzione dei gas serra deve essere valutata con un approccio olistico, poiché molti altri processi e input non cambiano in quantità assoluta (ad es. alimenti acquistati, combustibili) (Battini et al., 2014). Un altro grande contributo al GWP deriva dal cluster degli alimenti acquistati in particolare all'acquisto di soia, principalmente di origine brasiliana. Altri importanti contributi sono legati all'acquisto di soia argentina, girasole e semi di lino. Meno rilevante è stato il contributo dell'autoproduzione di alimenti, che in questo studio rappresenta il 6% del GWP totale. Quattro delle dieci aziende coinvolte nello studio hanno mostrato fonti di energia rinnovabile, come digestori anaerobici o pannelli fotovoltaici. L'elettricità proveniente da queste fonti ha un GWP (kg CO₂eq) molto più basso rispetto alla rete elettrica italiana, riducendo le emissioni del cluster CA. Secondo Vida et al. (2017) e Bacenetti et al. (2016), il digestore anaerobico ha presentato i maggiori potenziali di mitigazione, anche se in letteratura non viene calcolato l'impatto ambientale della costruzione dell'impianto di biogas in azienda lattiera. Inoltre, l'impianto fotovoltaico presenta potenzialità di mitigazione ma dipende dalle potenzialità dell'impianto e in questo caso l'impatto della costruzione dei pannelli fotovoltaici non è incluso nella LCA del latte da latte. Inoltre, il digestato ottenuto potrebbe essere un possibile materiale da lettiera (Ackerman et al., 2018) (Leach et al., 2015). Sebbene questa opzione potrebbe migliorare la circolarità economica dell'azienda agricola (Lybæk e Kjær, 2019), non è stata ancora effettuata alcuna valutazione di impatto ambientale. Il valore del Global Warming Potential è risultato correlato solo con il periodo interparto e con la durata della lattazione. Molti fattori, come il bilancio energetico negativo e la sfida al sistema immunitario che solitamente si verifica in questo periodo possono influenzare la fertilità (Leblanc, 2012; NRC, 2001) (Wathes, 2010). Alcuni di questi fattori sono già stati investigati sotto un profilo ambientale e gli studi hanno riportato che il miglioramento della fertilità potrebbe ridurre le emissioni di CH₄ del 24% e le emissioni di N₂O del 17% considerando che le soluzioni nutrizionali per il miglioramento della fertilità sono in accordo con le strategie alimentari per ridurre le emissioni di gas serra (Garnsworthy, 2004). Mostert et al. (Mostert et al., 2018b, 2018a, 2017) ha calcolato che problemi di salute come problemi podali, chetosi subclinica e mastite clinica aumentano le emissioni (kg CO₂eq/t FPCM) rispettivamente dell'1,5%, 2,3% e 6,2%. Il miglioramento delle condizioni di salute degli animali fa parte del benessere degli animali, sistema complesso derivante dall'interazione tra l'animale, l'ambiente ed il management aziendale. Migliori condizioni di benessere possono portare ad un aumento della produzione di latte e ad una diminuzione dei giorni improduttivi (Trevisi et al., 2006).

5. Conclusioni

I risultati ottenuti sono in accordo con gli studi riportati in bibliografia anche se molto spesso non è stato possibile valutare un confronto diretto. Emissioni enteriche e alimenti acquistati, seguiti da emissioni da reflui sono stati rilevati come la principale fonte di emissioni di gas serra. Gli allevamenti analizzati differivano principalmente per la produzione giornaliera di latte e per il periodo interparto, parametri che sono influenzati dalle strategie di gestione globale dell'allevamento e dallo stato di benessere degli animali, anche perché tutti gli allevamenti erano stati sottoposti al disciplinare di produzione del formaggio Grana Padano per quanto riguarda la strategia di alimentazione, la procedura di mungitura e la qualità del latte. Molte strategie di mitigazione sono riportate per ridurre l'impatto ambientale, ma strategie in grado di avere un effetto sul GWP potrebbero di conseguenza non avere lo stesso effetto su altre categorie di impatto ambientale e non potrebbero avere lo stesso effetto di mitigazione in tutte le aziende. Un ruolo chiave per la mitigazione dell'impatto ambientale è la produttività del latte e il suo effetto di diluizione del fabbisogno di mangime per la manutenzione e quindi delle emissioni totali (Montes et al., 2013). Il miglioramento della produttività del latte potrebbe essere considerato la principale strategia diretta integrata da strategie di

gestione del letame e dei fertilizzanti in grado di ottimizzare l'uso di azoto e fosforo e di ridurre le emissioni di N₂O.

Tabelle

Tabella 1. Composizione e performance della mandria

	unità	Azienda									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mandria	<i>capo</i>	438	324	161	726	415	481	709	62	661	524
<i>Vitelli, <6 mesi</i>	<i>capo</i>	43	21	15	30	30	24	31	3	29	27
<i>Manzette, 6-12 mesi</i>	<i>capo</i>	70	50	18	189	80	67	144	10	129	107
<i>Manze, 1-2 anni</i>	<i>capo</i>	110	80	40	172	100	135	183	13	198	127
<i>Vacche in latte</i>	<i>capo</i>	185	148	76	300	180	221	298	30	268	231
<i>Vacche asciutte</i>	<i>capo</i>	30	25	12	35	25	34	53	6	37	32
Unità bovino adulto (UBA)	<i>n °</i>	320	244	123	519	304	366	520	48	480	386
Indice di intensificazione	<i>UBA/ha</i>	2.41	3.54	3.54	4.14	2.38	4.20	2.91	1.00	5.12	2.70
Vacche	%	49	53	55	46	49	53	50	58	46	50
Animali da rimonta	%	51	47	45	54	51	47	50	42	54	50
Quota di rimonta	%	38	36	41	38	40	37	42	37	38	38
Età al primo parto	<i>mesi</i>	26	27	24	25	26	26	26	26	27	27
Interparto	<i>giorni</i>	398	411	450	415	415	446	398	370	415	453
N° lattazioni medio	<i>n °</i>	2.4	2.5	2.0	2.3	2.2	2.2	2.2	2.7	2.3	2.1
Durata lattazione	<i>giorni</i>	341	351	390	370	355	386	338	300	359	398
Durata asciutta	<i>giorni</i>	57	60	60	45	60	60	60	70	56	55

		Media	Min	Max	DS ¹
Mandria	<i>capo</i>	450	62	726	222
<i>Vitelli, <6 mesi</i>	<i>capo</i>	25	3	43	11
<i>Manzette, 6-12 mesi</i>	<i>capo</i>	86	10	189	56
<i>Manze, 1-2 anni</i>	<i>capo</i>	116	13	198	60
<i>Vacche in latte</i>	<i>capo</i>	194	30	300	90
<i>Vacche asciutte</i>	<i>capo</i>	29	6	53	13
Unità bovino adulto (UBA)	<i>n °</i>	331	48	520	160
Indice di intensificazione	<i>UBA/ha</i>	3	1	5	1
Vacche	%	51	46	58	4
Animali da rimonta	%	49	42	54	4
Quota di rimonta	%	38	36	42	2
Età al primo parto	<i>mesi</i>	26	24	27	1
Interparto	<i>giorni</i>	417	370	453	26
N° lattazioni medio	<i>n °</i>	2	2	3	0
Durata lattazione	<i>giorni</i>	359	300	398	29
Durata asciutta	<i>giorni</i>	58	45	70	6

¹ DS: Deviazione standard

Tabella 2. Produzione e composizione del latte

		Azienda									
unità		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FPCM	kg/anno	2.21 E+06	1.74 E+06	6.98 E+05	3.45 E+06	1.87 E+06	2.19 E+06	3.09 E+06	3.26 E+05	3.35 E+06	2.41 E+06
Grasso	%	3.90	3.83	3.92	4.05	3.82	3.93	3.79	3.80	3.86	3.77
Proteine	%	3.40	3.42	3.46	3.53	3.37	3.53	3.31	3.26	3.36	3.37
Produzione di latte	Kg FPCM /capo /giorno	32.80	32.24	25.18	31.51	28.53	27.17	28.39	29.74	34.28	28.56

	unità	Media	Min	Max	DS ¹
FPCM	kg/anno	2.13E+06	3.26E+05	3.45E+06	1.04E+06
Grasso	%	3.87	3.77	4.05	0.09
Proteine	%	3.40	3.26	3.53	0.09
Produzione di latte	Kg FPCM /capo /giorno	29.84	25.18	34.28	2.82

¹ DS: deviazione standard

Tabella 3. Produzione di carne

		Azienda									
unità		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vitelli venduti	n/anno	110	58	25	140	90	112	175	19	149	120
Manze vendute	n/anno	19	4			38				12	
Vacche vendute	n/anno	70	42	16	130	73	80	120	12	128	53
Vitelli totali	t PV	5	3	1	8	5	5	8	1	7	7
Manze totali	t PV	6	1			11				3	
Vacche totali	t PV	42	25	10	78	44	48	72	7	77	32
Totale carne venduta	t PV	53	29	11	86	60	53	80	8	87	38

	unità	Media	Min	Max	SD ¹
Vitelli venduti	n/anno	99.80	19.00	175.00	51.98
Manze vendute	n/anno	18.25	4.00	38.00	14.52
Vacche vendute	n/anno	72.40	12.00	130.00	43.29
Vitelli totali	t PV	4.87	1.01	7.88	2.49
Manze totali	t PV	5.33	1.20	11.40	4.45
Vacche totali	t PV	43.44	7.20	78.00	25.98
Totale carne venduta	t PV	50.44	8.21	86.51	28.78

¹ DS: deviazione standard

Tabella 4. Fattori di allocazione biofisica

		Azienda									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AF-latte	%	85.64	89.88	90.60	85.00	80.76	85.32	84.38	84.78	84.42	90.37
AF-carne	%	14.36	10.12	9.40	15.00	19.24	14.68	15.62	15.22	15.58	9.63
		Media	Min	Max	DS						
AF-latte		86.11	80.76	90.60	3.18						
AF-carne		13.89	9.40	19.24	3.18						

Tabella 5. Global Warming Potential (GWP) espresso come kg CO₂eq/ kg FPCM

Azienda	GWP totale	AQ	AP	CA	EE	ER
1	1.24	0.39	0.11	0.08	0.48	0.18
2	1.24	0.44	0.06	0.06	0.50	0.18
3	1.62	0.63	0.08	0.13	0.57	0.22
4	1.28	0.59	0.06	0.06	0.50	0.06
5	1.50	0.65	0.09	0.09	0.49	0.18
6	1.54	0.59	0.04	0.12	0.55	0.23
7	1.02	0.29	0.06	0.04	0.53	0.09
8	1.08	0.23	0.04	0.13	0.49	0.20
9	1.22	0.45	0.06	0.03	0.49	0.19
10	1.57	0.57	0.13	0.09	0.55	0.26

Tabella 6. Global Warming Potential (GWP) espresso come kg di CO₂eq prodotti nell'anno

Azienda	GWP totale	AQ	AP	CA	EE	ER
1	2.74E+06	8.62E+05	2.50E+05	1.77E+05	1.06E+06	3.88E+05
2	2.15E+06	7.62E+05	1.03E+05	1.04E+05	8.71E+05	3.12E+05
3	1.13E+06	4.37E+05	5.50E+04	8.98E+04	3.96E+05	1.50E+05
4	4.40E+06	2.05E+06	2.18E+05	1.94E+05	1.73E+06	2.12E+05
5	2.82E+06	1.22E+06	1.66E+05	1.70E+05	9.18E+05	3.44E+05
6	3.38E+06	1.30E+06	9.54E+04	2.62E+05	1.21E+06	5.12E+05
7	3.14E+06	9.08E+05	1.87E+05	1.14E+05	1.64E+06	2.90E+05
8	3.53E+05	7.44E+04	1.33E+04	4.13E+04	1.59E+05	6.51E+04
9	4.09E+06	1.50E+06	2.10E+05	1.02E+05	1.63E+06	6.52E+05
10	3.78E+06	1.37E+06	3.10E+05	2.15E+05	1.32E+06	6.19E+05

Tabella 7. Statistica descrittiva relativa al GWP espresso come CO₂eq/kg FPCM

Item	GWP totale	AQ	AP	CA	EE	ER
Media	1.33	0.48	0.07	0.08	0.51	0.18
Min	1.02	0.23	0.04	0.03	0.48	0.06
Max	1.62	0.65	0.13	0.13	0.57	0.26
DS	0.21	0.15	0.03	0.04	0.03	0.06

Tabella 8. Contributo percentuale di ogni cluster sul valore finale di GWP

Azienda	GWP totale	AQ	AP	CA	EE	ER
1	100	31	9	6	39	14
2	100	35	5	5	40	15
3	100	39	5	8	35	13
4	100	47	5	4	39	5
5	100	43	6	6	33	12
6	100	38	3	8	36	15
7	100	29	6	4	52	9
8	100	21	4	12	45	18
9	100	37	5	2	40	16
10	100	36	8	6	35	16

Tabella 8. Statistica descrittiva del contributo percentuale dei cluster sul valore di GWP

Item	GWP totale	AQ	AP	CA	EE	ER
Media	100	36	6	6	39	13
Min	100	21	3	2	33	5
Max	100	47	9	12	52	18
DS	0	7	2	3	6	4

Tabella 9. GWP degli alimenti autoprodotti, espressi come kg CO₂eq/ kg di prodotto

Azienda	Mais silo	Mais pastone	Frumento silo	Orzo silo	Sorgo silo	Triticale silo	Loietto fieno	Medica fieno	Prato polifita fieno	Frumento fieno
1	0.08	0.07	0.03				0.09	0.09		
2	0.05						0.11	0.05		
3	0.03							0.03	0.09	
4	0.05		0.07	0.07		0.09		0.05	0.03	
5	0.06							0.07		
6	0.04					0.03		0.01	0.03	
7	0.03			0.18	0.03	0.03		0.03		
8	0.04							0.03		0.37
9	0.07		0.03					0.02		
10	0.09	0.09					0.11	0.02		

	Mais silo	Mais pastone	Frumento silo	Orzo silo	Sorgo silo	Triticale silo	Loietto fieno	Medica fieno	Prato polifita fieno
Media	0.05	0.08	0.04	0.13	0.03	0.05	0.10	0.04	0.05
Min	0.03	0.07	0.03	0.07	0.03	0.03	0.09	0.01	0.03
Max	0.09	0.09	0.07	0.18	0.03	0.09	0.11	0.09	0.09
DS	0.02	0.01	0.02	0.08	-	0.03	0.01	0.02	0.03

Tabella 10. Global Warming Potential della produzione di carne, espresso come kg CO₂eq totali e CO₂eq/kg PV

Azienda	Totale	CO ₂ eq/kg PV
1	4.59E+05	8.72

2	2.42E+05	8.30
3	1.17E+05	10.77
4	7.77E+05	9.07
5	6.72E+05	11.25
6	5.82E+05	10.93
7	5.81E+05	7.28
8	6.33E+04	7.72
9	7.52E+05	8.69
10	4.08E+05	10.62

Azienda	Totale	CO ₂ eq/kg PV
Media	4.65E+05	9.33
Min	6.33E+04	7.28
Max	7.77E+05	11.25
DS	254928	1.44

AZIONE 2

MESSA A PUNTO DI UN SISTEMA DI STIMA DELLE EMISSIONI DI METANO

Introduzione.

Sulla base delle ricerche riportate nella letteratura scientifica, la componente legata alle emissioni enteriche dirette da parte degli animali, sotto forma di metano e connessa con la peculiare fisiologia digestiva dei ruminanti, risulta essere una delle più rilevanti fonti di gas climalteranti.

La quantificazione di tali emissioni risulta però onerosa e complessa a livello sperimentale e quasi impraticabile nelle aziende commerciali, almeno quando voglia essere condotta su un numero rilevante di animali e in più allevamenti. Diventa quindi importante disporre di sistemi di stima indiretta della produzione di metano, soprattutto da parte delle bovine in lattazione che sono di gran lunga la categoria di bovine maggiormente emittenti. Diverse sono le modalità di predizione percorse dalla ricerca scientifica, in genere basate sulla ricerca di indicatori, di marker misurabili a costi contenuti e su un elevato numero di campioni di molecole o caratteristiche chimico-fisiche più o meno direttamente collegate ai fenomeni biochimici che portano alla sintesi di metano. Tra quelli di maggiore interesse spiccano certamente i marcatori rintracciabili nel latte, una matrice che si rende disponibile quotidianamente con la mungitura ma che, soprattutto, è già oggetto di controlli circa mensili nell'ambito dei controlli funzionali svolti dalle associazioni degli allevatori. Accanto alle caratteristiche degli animali, in particolare al livello produttivo che rappresenta un discreto indicatore dell'ingestione alimentare, a determinare la quantità di metano prodotto ed emesso concorrono ovviamente le caratteristiche chimico-nutrizionali delle diete e in particolare, ma non solo, il loro potenziale metanigeno che può essere valutato mediante tecniche di fermentazione in vitro.

Scopo di questa azione è stata la ricerca di possibili correzioni da apportare alla curva di calibrazione per la stima delle emissioni di metano già sviluppata presso il DiANA mediante la raccolta e l'analisi sia per spettrometria infrarossa che per gas-cromatografia.

Materiali e metodi.

La raccolta dei campioni di latte è stata svolta presso 20 delle stalle conferenti ai due caseifici. Non è stato possibile effettuare i controlli presso tutti gli allevamenti per due ragioni:

- Presenza di robot di mungitura, installati successivamente all'avvio del programma di ricerca, che non consentivano il prelievo di campioni. In queste aziende si è cercato di organizzare la raccolta dei campioni ricercando la collaborazione sia dell'Associazione Regionale Allevatori sia delle case produttrici i sistemi di mungitura, in quanto solo loro potevano disporre degli accessori per il campionamento. La carenza di tali dispositivi non ha però permesso di averli a disposizione.
- Impossibilità ad effettuare un campionamento per la mancanza di dispositivi a livello aziendale o per indisponibilità dell'allevatore.

Per ognuna delle aziende interessate sono stati raccolti i campioni di latte provenienti dalla mungitura effettuata in occasione dei controlli funzionali da parte dell'Associazione Regionale Allevatori dell'Emilia Romagna. Le bovine interessate ai controlli sono state scelte in base al loro stato di salute, escludendo quelle che al precedente controllo o sulla base delle informazioni fornite dall'allevatore presentavano una situazione di mastite o comunque cellule somatiche molto elevate, e allo stadio di lattazione. Sono quindi state campionate vacche tra i 90 e i 200 giorni circa di lattazione, in quanto la curva di predizione sviluppata dal DiANA si riferiva ad animali in questa fase di lattazione.

Il latte è stato portato in laboratorio ed è stato registrato un doppio spettro nella regione del medio infrarosso mediante strumento FOSS Milkoscan120. Contemporaneamente, si è anche provveduto all'analisi dei principali componenti e di alcune caratteristiche tecnologiche-casearie. Sono stati prelevati complessivamente 438 campioni (a fronte di 100 previsti in sede di proposta di ricerca) con un numero variabile tra le aziende in funzione del numero di animali in lattazione e compreso tra un minimo di 12 e un massimo di 30 (media pari a 21.9 animali/azienda).

Un'aliquota dei campioni è stata congelata a -20 °C fino al momento delle analisi del profilo acidico condotto con tecnica gas-cromatografica secondo il metodo riportato da Shingfield et al. (2006). Queste ultime analisi sono state condotte su un sotto-campione di vacche scegliendo 5 animali per stalla, in modo che fossero rappresentativi di tutti quelli prelevati per un totale di 100 campioni.

Nelle stesse aziende, in occasione dei prelievi di latte, si è anche provveduto al prelievo di campioni rappresentativi della miscelata unifeed. Nel caso in cui vi fossero più gruppi di vacche in lattazione si è provveduto alla raccolta di un campione della miscelata di ciascun gruppo. Complessivamente sono stati raccolti 27 campioni.

Tali campioni sono stati essiccati in stufa ventilata a 55 °C e successivamente macinati con mulino a coltelli e griglia da 1 mm. Oltre alle analisi di composizione, condotte secondo i metodi ufficiali, i campioni sono stati anche oggetto di una duplice fermentazione in vitro. In un primo set di fermentazioni, protratto per 24 ore, si è valutata la digeribilità della sostanza secca e la produzione di gas totale e di metano. La seconda fermentazione è stata protratta invece per 72 ore onde poter misurare la massima produzione di gas e la sua cinetica, indice della fermentescibilità delle razioni.

Si è quindi provveduto al calcolo delle correlazioni sia tra le emissioni stimate secondo i diversi approcci sia tra la produzione di metano in vitro, la produzione di gas e la composizione chimica degli unifeed.

Risultati*Latte*

Il profilo acidico dei campioni di latte è riportato nelle tabelle 2.1 – 2.33. Il profilo medio rientra nel range di variabilità riportato in letteratura, ma per la quasi totalità degli acidi sono state riscontrate differenze significative tra le aziende, risultato non atteso considerato che gli animali campionati si trovavano all'incirca

nella stessa fase di lattazione e che le razioni, rispettando le norme di alimentazione stabilite nel regolamento di produzione del Grana Padano DOP presentavano notevoli similarità tra loro.

Unifeed

Le caratteristiche di composizione chimica degli unifeed controllati sono riportate nelle tabelle 2.34 e 2.35. I parametri derivanti dalle fermentazioni in vitro sono invece riportati nella tabella 2.36.

Risulta evidente come la composizione media vari poco in funzione del gruppo di bovine al quale la miscelata è destinata. Le differenze confermano comunque le aspettative, soprattutto con riferimento al contenuto in proteine, superiore di circa 1.2 punti percentuali (pp) nelle razioni destinate alle vacche a inizio lattazione (FRESCHE) e rispetto a quelle in lattazione più avanzata (AVANTI), e all'amido (+ 1.1 pp). Gli unifeed delle aziende con gruppo unico (UNICO) si collocano, come atteso, in posizione intermedia. Se questo può apparire quasi scontato in quanto le norme di alimentazione previste per la produzione di Grana Padano DOP, abbinate a una abbastanza comune disponibilità di alimenti sfocia naturalmente in formulazioni alimentari simili tra di loro, l'analisi della variabilità riscontrata entro ciascuna categoria di unifeed evidenzia come esistano marcate differenze per diversi dei parametri considerati.

Prendendo ad esempio in considerazione il contenuto in proteine gregge, queste hanno un range di variazione di circa 2 pp tra gli unifeed delle AVANTI e di 3.5 pp tra quelli delle FRESCHE. Tra quelli delle aziende con un unico gruppo, lo scarto è ancora più accentuato e pari a circa 5.6 pp (da 13.90 a 19.46% della sostanza secca). Considerevole è anche la variabilità associata al tenore in grassi, con valori massimi pari a circa il doppio di quelli minimi. Notevoli differenze si notano anche in rapporto alla quota di NDF, che in quasi tutti i gruppi oscilla tra il 27-29 e il 40% della sostanza secca, e dell'amido, che risulta estremamente basso (tra il 13 e il 14% circa) in alcuni unifeed dei gruppi UNICO e FRESCHE. Nel complesso, questo parametro risulta contenuto tra il 13 e il 31 % della sostanza secca. La digeribilità in vitro è risultata analoga, sia come valore medio (81.5 – 82%) che come range di variabilità (75 -85%), per tutti i gruppi di unifeed. Sorprende un po' il fatto che essa sia, in media, identica nei due gruppi AVANTI e FRESCHE (81.5%). Considerazioni analoghe si possono fare anche con riferimento ai valori di produzione di gas sia come valori massimi (GP-b) sia per quanto riguarda la velocità di fermentazione (GP_c).

La tabella 2.37 riporta le correlazioni tra i parametri misurati sugli unifeed, confermando le relazioni attese tra la digeribilità in vitro con i livelli delle frazioni fibrose (correlazioni negative) e (positiva) con l'amido.

Predizioni delle emissioni di metano secondo diversi modelli.

La predizione delle emissioni di metano rappresenta una sfida sulla quale si stanno confrontando i ricercatori di tutto il mondo. Essa risulta problematica sia per la difficoltà nell'individuare dei marcatori indiretti

fortemente e causalmente correlati alle emissioni sia per l'onerosità e complessità delle misure dirette di emissione soprattutto su elevati numeri di animali.

Il DiANA ha sviluppato, sulla base delle misurazioni dirette di emissione condotte su oltre 400 vacche in lattazione presenti in allevamenti della provincia di Lodi e di Piacenza, un modello predittivo basato sulla spettrometria nel medio infrarosso applicata al latte.

Nel presente progetto di ricerca si è inteso verificare la corrispondenza tra tali stime e quelle ottenibili sulla base di altri predittori, in particolare dalla composizione in acidi grassi della componente lipidica del latte che, sulla base della letteratura scientifica, consentirebbe di addivenire a una previsione abbastanza attendibile delle emissioni di metano. A tale scopo sono stati selezionati 5 animali in lattazione da 20 allevamenti dai quali prelevare campioni di latte da destinare alla registrazione dello spettro IR e all'analisi degli acidi grassi del latte (FAME).

Sulla base degli spettri acquisiti ed applicando ad essi il modello predittivo sviluppato da DiANA si sono stimate le emissioni di metano di ciascun animale, poi mediate per addivenire a una produzione media di gruppo.

Analogamente, sulla base dei risultati delle analisi dei FAME e applicando l'equazione predittiva riportata in Van Gastelen et al. (2018).

In aggiunta a quanto specificato in sede di preventivo, i campioni di unifeed sono stati fermentati in vitro con liquido ruminale in due set fermentativi. Il primo di essi, conclusosi dopo 24 ore, lasso di tempo considerato spesso pari al tempo medio di ritenzione degli alimenti nel rumine da parte di bovine in lattazione, è stato focalizzato alla misurazione della quantità di metano prodotto. Tale valore, espresso come millilitri per grammo di sostanza secca è stato poi moltiplicato per la quantità di unifeed secco consumato dalle bovine. Tale ingestione è stata calcolata in base alla composizione delle miscele derivate dalle analisi chimiche condotte sugli unifeed stessi e impiegando l'equazione previsionale contenuta nel software di razionamento RatioBest, elaborato dal prof. Luigi Calamari. Questo ha consentito di produrre una ulteriore serie di stime della quantità di metano emessa da ciascuna mandria di bovine in lattazione.

I risultati di queste stime sono illustrati nelle fig. 2.1 – 2.4.

Le stime mediante il modello predittivo basato sugli spettri IR sono state calcolate per tutti i campioni di latte prelevati in ciascuna azienda oppure solamente dei soli campioni (5 per ogni azienda) su cui sono stati anche determinati i FAME nel latte. Le due serie di dati mostrano un'ottima concordanza sia nel valore medio (446 e 450 g di CH₄/d, rispettivamente), sia nella variabilità interna (CV pari a 11 e 10 %; valore minimo pari a 342 e 374; valore massimo pari a 543 e 523, rispettivamente). Il coefficiente di correlazione tra le due serie di misure è risultato pari a 0.96. Questo dimostra che le previsioni basate sul subset di campioni di 5 bovine per stalla riproduce pressoché perfettamente quelle ottenibili impiegando tutti i campioni di latte.

Le emissioni calcolate in base alla composizione acidica del latte sono risultate mediamente superiori alle precedenti basate sugli spettri IR (valore medio pari a 505 g/d) e con una minor variabilità (CV pari al 5%).

Anche i valori estremi risultano meno distanziati tra loro rispetto al set precedente (valori minimo e massimo pari a 374 e 523, rispettivamente). Si è avuto quindi un certo “appiattimento” delle stime attorno al valore medio.

Le emissioni calcolate sulla base del potenziale metanigeno degli unifeed mostrano, come valore medio (434 g/d) e come variabilità (CV = 10%; range di variazione da 355 a 527 g/d)), un’elevata similitudine con le emissioni predette in base agli spettri IR.

Le correlazioni tra i tre set di dati (CH₄-IR, CH₄-FAME E CH₄-UNIFEED) non sono però risultate significative e sempre molto basse (R² sempre inferiore a 0.1).

La capacità predittiva dei modelli basati sul profilo acidico del latte è stata messa in discussione da recenti ricerche sperimentali, limitandone la possibile applicazione a situazioni di allevamento, con particolare riferimento alla razza allevata ma soprattutto al tipo di alimentazione nonché alle condizioni stagionali e ambientali, molto prossime a quelle nelle quali le equazioni predittive sono state prodotte.

L’approccio basato sui risultati delle fermentazioni in vitro è invece da considerare originale in quanto mancano precedenti in letteratura ma i risultati ottenuti sono per molti aspetti interessanti e promettenti. Un punto di debolezza di questo approccio, e che può avere compromesso la sua capacità predittiva, è però certamente legato alla oggettiva aleatorietà delle stime di ingestione di alimenti, notoriamente problematica a livello di aziende commerciali. Tuttavia questa criticità non pare sufficiente a giustificare la mancanza di correlazione tra le stime di CH₄-IR e CH₄-UNIFEED. Altri punti di possibile debolezza possono essere rintracciati nel fatto che un singolo campionamento aziendale della miscelata può non riuscire a descrivere la reale composizione della dieta mediamente somministrata agli animali, in considerazione della normale variazione sia nella qualità degli alimenti, in particolare dei foraggi, sia nelle pesate giornaliere dei singoli ingredienti della ricetta.

L’onerosità delle analisi richieste per stimare le emissioni sulla base del profilo acidico del grasso del latte o del potenziale metanigeno della dieta è certamente molto più elevata rispetto al ricorso alla spettrometria infrarossa, la cui abilità di predizione è stata dimostrata su un ampio dataset di vacche in lattazione. L’idea progettuale è stata quella di addivenire a una taratura di quest’ultimo modello di stima sulla base degli altri due approcci.

Nel complesso si deve riconoscere come non sia stato possibile raggiungere l’obiettivo prefissato, per cui si ritiene che la curva di predizione sulla base degli spettri IR rimanga la metodologia attualmente più attendibile per la stima delle emissioni di metano negli allevamenti commerciali di bovine da latte allevate nella Pianura Padana in aziende che adottino una razione basata sul silomais come principale foraggio e producano latte destinato a Grana Padano DOP.

Tabella 2.1.

- Contenuto in C4:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
1	1	1.84	0.11	6	1.66	1.95
C4:0	2	1.86	0.01	1	1.84	1.87
Butyric acid	3	1.89	0.20	11	1.62	2.11
	4	1.85	0.28	15	1.60	2.32
P = 0.54	5	1.73	0.14	8	1.59	1.97
	6	1.87	0.19	10	1.62	2.13
	7	2.01	0.12	6	1.84	2.11
	8	1.78	0.18	10	1.58	2.06
	9	1.73	0.19	11	1.51	1.95
	10	1.89	0.10	5	1.78	2.00
	11	1.85	0.18	10	1.57	2.01
	12	1.85	0.11	6	1.67	1.95
	13	1.95	0.10	5	1.81	2.08
	14	1.76	0.16	9	1.63	2.01
	15	1.90	0.14	7	1.70	2.08
	16	1.77	0.17	10	1.65	2.05
	17	1.88	0.12	6	1.72	1.99
	18	1.80	0.17	9	1.54	2.01
	19	1.87	0.07	4	1.76	1.96
	20	1.87	0.17	9	1.60	2.06

Tabella 2.2.

- Contenuto in C6:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
2	1	1.282	0.15	11	1.07	1.45
C6:0	2	1.393	0.06	4	1.33	1.48
Caproic acid	3	1.330	0.07	5	1.24	1.43
	4	1.271	0.17	13	1.08	1.53
P = 0.001	5	1.210	0.14	12	1.04	1.41
	6	1.284	0.13	10	1.06	1.42
	7	1.450	0.11	8	1.31	1.55
	8	1.255	0.08	6	1.14	1.35
	9	1.209	0.07	6	1.14	1.32
	10	1.392	0.09	7	1.27	1.50
	11	1.330	0.15	11	1.08	1.45
	12	1.423	0.08	6	1.30	1.50
	13	1.446	0.09	6	1.31	1.55
	14	1.221	0.09	7	1.13	1.32
	15	1.426	0.08	5	1.33	1.50
	16	1.180	0.05	5	1.14	1.27
	17	1.153	0.06	5	1.10	1.26
	18	1.285	0.15	11	1.04	1.42
	19	1.388	0.07	5	1.27	1.47
	20	1.194	0.08	7	1.12	1.31

Tabella 2.3.

- Contenuto in C8:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
3	1	0.963	0.144	15	0.789	1.156
C8:0	2	1.102	0.071	6	1.029	1.179
Caprylic acid	3	1.005	0.035	4	0.961	1.052
	4	0.926	0.070	8	0.836	1.015
P = 0.001	5	0.888	0.117	13	0.744	1.047
	6	0.943	0.101	11	0.792	1.065
	7	1.025	0.089	9	0.935	1.113
	8	0.921	0.032	3	0.889	0.969
	9	0.905	0.074	8	0.816	1.002
	10	1.054	0.119	11	0.939	1.195
	11	1.012	0.118	12	0.844	1.175
	12	1.100	0.056	5	1.026	1.159
	13	1.106	0.073	7	1.019	1.194
	14	0.910	0.133	15	0.742	1.070
	15	1.095	0.099	9	0.966	1.214
	16	0.837	0.031	4	0.789	0.874
	17	0.795	0.060	8	0.729	0.892
	18	0.975	0.121	12	0.781	1.065
	19	1.047	0.066	6	0.941	1.113
	20	0.799	0.076	10	0.689	0.884

Tabella 2.4.

- Contenuto in C10:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
4 C10:0 Capric acid P = 0.001	1	3.04	0.59	19	2.48	3.79
	2	3.40	0.31	9	3.05	3.80
	3	2.96	0.24	8	2.64	3.33
	4	2.75	0.13	5	2.59	2.88
	5	2.71	0.29	11	2.33	3.05
	6	2.91	0.50	17	2.41	3.64
	7	2.92	0.27	9	2.61	3.18
	8	2.81	0.22	8	2.55	3.05
	9	2.88	0.40	14	2.35	3.40
	10	3.22	0.57	18	2.78	4.05
	11	3.15	0.37	12	2.86	3.78
	12	3.47	0.18	5	3.28	3.64
	13	3.27	0.26	8	2.94	3.59
	14	2.83	0.68	24	2.02	3.58
	15	3.32	0.43	13	2.84	3.87
	16	2.45	0.20	8	2.30	2.77
	17	2.33	0.25	11	2.05	2.72
	18	2.99	0.33	11	2.55	3.32
	19	3.17	0.21	7	2.83	3.43
	20	2.31	0.35	15	1.79	2.66

Tabella 2.5.

- Contenuto in C11:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
5 C11:0 Undecanoic acid P = 0.021	1	0.067	0.022	33	0.032	0.092
	2	0.116	0.062	54	0.054	0.187
	3	0.047	0.010	21	0.034	0.060
	4	0.092	0.029	31	0.061	0.137
	5	0.083	0.032	39	0.037	0.117
	6	0.086	0.048	55	0.055	0.167
	7	0.045	0.009	19	0.036	0.057
	8	0.084	0.033	39	0.042	0.126
	9	0.107	0.023	21	0.088	0.132
	10	0.081	0.028	34	0.047	0.124
	11	0.085	0.042	50	0.040	0.143
	12	0.094	0.017	18	0.077	0.121
	13	0.098	0.020	20	0.071	0.122
	14	0.062	0.027	44	0.022	0.092
	15	0.073	0.022	30	0.048	0.099
	16	0.056	0.012	22	0.043	0.074
	17	0.070	0.014	20	0.057	0.089
	18	0.088	0.010	11	0.076	0.099
	19	0.087	0.044	51	0.050	0.161
	20	0.060	0.020	33	0.035	0.086

Tabella 2.6.

- Contenuto in C12:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
6 C12:0 Lauric acid P = 0.001	1	4.08	0.72	18	3.48	5.01
	2	4.40	0.51	12	3.66	5.03
	3	3.88	0.48	12	3.30	4.59
	4	3.62	0.27	7	3.16	3.86
	5	3.72	0.26	7	3.38	4.00
	6	3.80	0.66	17	3.19	4.72
	7	3.63	0.32	9	3.19	3.91
	8	3.68	0.40	11	3.18	4.06
	9	4.01	0.72	18	3.18	5.08
	10	4.28	0.81	19	3.52	5.54
	11	4.09	0.50	12	3.58	4.92
	12	4.63	0.20	4	4.31	4.79
	13	4.10	0.34	8	3.72	4.50
	14	3.71	0.99	27	2.43	4.75
	15	4.18	0.56	13	3.58	4.89
	16	3.20	0.28	9	2.89	3.63
	17	3.00	0.30	10	2.62	3.46
	18	3.95	0.38	10	3.48	4.43
	19	4.15	0.29	7	3.75	4.52
	20	3.01	0.49	16	2.36	3.66

Tabella 2.7.

- Contenuto in C13:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
7 C13:0 Tridecanoic acid P = 0.001	1	0.264	0.030	11	0.227	0.298
	2	0.301	0.080	27	0.198	0.390
	3	0.185	0.022	12	0.156	0.212
	4	0.276	0.065	23	0.174	0.331
	5	0.263	0.046	17	0.195	0.306
	6	0.253	0.057	23	0.200	0.334
	7	0.201	0.017	9	0.180	0.222
	8	0.247	0.059	24	0.162	0.326
	9	0.294	0.061	21	0.219	0.350
	10	0.280	0.051	18	0.214	0.336
	11	0.256	0.069	27	0.152	0.339
	12	0.302	0.028	9	0.272	0.341
	13	0.275	0.050	18	0.192	0.318
	14	0.214	0.064	30	0.110	0.268
	15	0.239	0.026	11	0.215	0.282
	16	0.210	0.019	9	0.184	0.228
	17	0.207	0.022	11	0.181	0.238
	18	0.256	0.020	8	0.229	0.282
	19	0.278	0.065	23	0.216	0.378
	20	0.192	0.039	20	0.135	0.241

Tabella 2.8.

- Contenuto in C14:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
8	1	13.40	1.05	8	12.27	14.59
	2	12.83	0.97	8	11.21	13.71
C14:0	3	11.83	0.66	6	11.08	12.61
	4	12.49	1.24	10	11.06	14.32
Myristic acid	5	12.15	0.53	4	11.22	12.55
	6	12.92	1.19	9	11.64	14.55
P = 0.009	7	12.51	0.79	6	11.42	13.25
	8	12.53	0.93	7	11.14	13.57
	9	13.01	1.63	13	11.57	15.69
	10	13.52	0.81	6	12.63	14.77
	11	12.85	1.03	8	11.33	13.99
	12	13.77	0.19	1	13.50	14.01
	13	12.46	0.82	7	11.44	13.20
	14	11.87	1.59	13	9.48	13.18
	15	12.70	1.07	8	11.67	13.90
	16	11.30	0.17	2	11.01	11.47
	17	10.92	0.70	6	9.92	11.67
	18	12.78	0.51	4	12.10	13.29
	19	12.98	0.54	4	12.03	13.50
	20	10.25	0.61	6	9.65	11.05

Tabella 2.9.

- Contenuto in C14:1 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
9 C14:1 Myristoleic acid P = 0.001	1	1.24	0.22	18	0.90	1.48
	2	1.12	0.24	21	0.84	1.37
	3	0.89	0.17	19	0.65	1.09
	4	1.53	0.54	36	0.98	2.38
	5	1.40	0.19	13	1.13	1.62
	6	1.18	0.29	25	0.78	1.51
	7	1.11	0.16	15	1.02	1.35
	8	1.24	0.25	20	0.88	1.44
	9	1.19	0.21	18	0.97	1.49
	10	1.40	0.25	18	1.19	1.78
	11	0.98	0.27	27	0.51	1.16
	12	1.24	0.12	10	1.09	1.42
	13	1.00	0.30	30	0.48	1.19
	14	0.97	0.32	33	0.48	1.30
	15	1.10	0.15	13	0.96	1.35
	16	1.16	0.21	18	0.87	1.46
	17	0.92	0.19	21	0.72	1.21
	18	1.18	0.15	13	1.04	1.43
	19	1.20	0.20	17	0.99	1.45
	20	1.13	0.22	19	0.86	1.43

Tabella 2.10.

- Contenuto in C15:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
10	1	1.48	0.22	15	1.26	1.80
C15:0	2	1.43	0.28	20	1.16	1.83
Pentadecanoic acid	3	1.05	0.08	7	0.95	1.14
	4	1.64	0.35	21	1.13	2.08
P = 0.001	5	1.49	0.39	26	1.03	1.97
	6	1.43	0.22	15	1.25	1.75
	7	1.15	0.06	5	1.08	1.23
	8	1.47	0.22	15	1.16	1.78
	9	1.64	0.30	18	1.35	2.12
	10	1.43	0.17	12	1.30	1.71
	11	1.38	0.23	17	1.06	1.61
	12	1.40	0.09	6	1.28	1.52
	13	1.41	0.15	11	1.16	1.59
	14	1.16	0.18	15	0.89	1.35
	15	1.23	0.16	13	1.03	1.39
	16	1.23	0.13	10	1.09	1.40
	17	1.26	0.16	12	1.02	1.44
	18	1.39	0.16	12	1.13	1.55
	19	1.40	0.28	20	1.11	1.81
	20	1.01	0.15	15	0.78	1.17

Tabella 2.11.

- Contenuto in C16:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
11	1	34.48	1.04	3	33.06	35.96
C16:0	2	31.51	1.15	4	29.96	32.92
Palmitic acid	3	31.56	2.22	7	29.65	34.11
	4	36.09	3.10	9	31.75	40.09
P = 0.001	5	39.93	7.15	18	33.02	49.21
	6	36.37	2.49	7	32.64	38.50
	7	34.45	1.39	4	33.09	36.11
	8	36.19	1.14	3	34.21	37.03
	9	38.85	4.33	11	33.16	43.46
	10	36.36	2.56	7	33.71	39.73
	11	33.36	2.33	7	31.18	36.56
	12	36.20	2.06	6	34.58	39.79
	13	30.61	2.29	7	28.12	33.70
	14	32.38	2.79	9	29.27	36.25
	15	31.62	2.29	7	29.80	34.20
	16	33.77	1.44	4	32.44	35.66
	17	37.50	3.05	8	33.87	42.18
	18	32.81	2.33	7	29.44	34.83
	19	31.90	2.21	7	28.71	34.33
	20	46.59	1.28	3	44.68	48.04

Tabella 2.12.

- Contenuto in C16:1 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
12	1	1.63	0.28	17	1.25	1.96
C16:1	2	1.32	0.27	21	1.01	1.72
Palmitoleic acid	3	1.26	0.16	13	1.07	1.49
	4	1.99	0.39	19	1.38	2.32
P = 0.001	5	2.10	0.63	30	1.21	2.65
	6	1.71	0.24	14	1.45	2.07
	7	1.54	0.20	13	1.35	1.82
	8	1.92	0.60	31	1.25	2.62
	9	1.67	0.10	6	1.53	1.79
	10	1.57	0.17	11	1.40	1.85
	11	1.25	0.27	21	1.03	1.70
	12	1.78	0.14	8	1.56	1.96
	13	1.16	0.13	12	1.01	1.37
	14	1.62	0.28	17	1.44	2.11
	15	1.53	0.40	26	0.92	1.98
	16	1.51	0.28	19	1.17	1.93
	17	1.56	0.23	15	1.33	1.86
	18	1.66	0.50	30	1.22	2.46
	19	1.52	0.26	17	1.09	1.77
	20	2.18	0.11	5	2.07	2.30

Tabella 2.13.

- Contenuto in C17:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
13	1	0.826	0.086	10	0.721	0.935
C17:0	2	0.792	0.052	7	0.732	0.871
Heptadecanoic acid	3	0.826	0.050	6	0.752	0.883
	4	0.925	0.149	16	0.740	1.056
P = 0.001	5	0.857	0.072	8	0.798	0.970
	6	0.813	0.062	8	0.745	0.895
	7	0.730	0.005	1	0.724	0.736
	8	0.855	0.084	10	0.743	0.957
	9	0.796	0.156	20	0.541	0.941
	10	0.879	0.077	9	0.822	0.993
	11	0.808	0.042	5	0.754	0.868
	12	0.821	0.035	4	0.774	0.858
	13	0.781	0.037	5	0.741	0.826
	14	0.806	0.021	3	0.783	0.833
	15	0.809	0.070	9	0.732	0.904
	16	0.733	0.038	5	0.673	0.768
	17	0.701	0.043	6	0.632	0.731
	18	0.818	0.019	2	0.802	0.850
	19	0.816	0.054	7	0.762	0.911
	20	0.446	0.062	14	0.387	0.539

Tabella 2.14.

- Contenuto in C17:1 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
14	1	0.234	0.052	22	0.184	0.290
C17:1	2	0.182	0.017	10	0.165	0.204
cis-10-Heptadecenoic acid	3	0.243	0.042	17	0.205	0.312
	4	0.327	0.086	26	0.215	0.454
P = 0.001	5	0.291	0.077	26	0.186	0.375
	6	0.262	0.036	14	0.218	0.301
	7	0.193	0.028	15	0.160	0.228
	8	0.291	0.068	23	0.222	0.403
	9	0.235	0.023	10	0.204	0.265
	10	0.229	0.038	16	0.202	0.296
	11	0.202	0.029	15	0.161	0.234
	12	0.222	0.022	10	0.193	0.248
	13	0.185	0.049	27	0.146	0.266
	14	0.259	0.043	16	0.210	0.302
	15	0.211	0.030	14	0.182	0.262
	16	0.212	0.017	8	0.190	0.226
	17	0.195	0.021	11	0.166	0.216
	18	0.228	0.035	15	0.197	0.281
	19	0.227	0.039	17	0.155	0.258
	20	0.176	0.027	15	0.157	0.221

Tabella 2.15.

- Contenuto in C18:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
15	1	8.90	0.76	9	8.27	9.74
C18:0	2	10.95	2.32	21	9.36	14.99
Stearic acid	3	12.12	1.73	14	9.64	14.29
	4	7.53	1.84	24	5.96	10.46
P = 0.001	5	6.49	3.52	54	2.74	10.31
	6	8.38	1.04	12	6.79	9.58
	7	11.54	0.84	7	10.47	12.42
	8	8.37	1.29	15	7.31	10.27
	9	8.39	0.90	11	7.38	9.44
	10	8.39	0.77	9	7.30	9.16
	11	10.40	2.14	21	8.39	13.92
	12	8.19	1.14	14	6.45	9.38
	13	11.73	1.88	16	10.03	14.91
	14	10.46	3.03	29	6.97	15.30
	15	11.39	1.11	10	9.91	12.70
	16	11.43	0.95	8	10.42	12.74
	17	10.07	1.55	15	7.77	12.08
	18	10.29	1.74	17	8.67	13.24
	19	9.95	1.08	11	8.12	11.21
	20	7.27	1.05	15	6.20	9.01

Tabella 2.16.

- Contenuto in C18:1n11t nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
16	1	1.37	0.20	14	1.09	1.56
	2	1.23	0.40	33	0.56	1.58
C18:1n11t	3	1.29	0.27	21	1.01	1.74
	4	3.09	2.55	83	1.62	7.64
Vaccenic acid	5	0.80	0.21	27	0.57	1.03
	6	1.22	0.34	28	0.91	1.65
P = 0.001	7	1.33	0.20	15	1.16	1.59
	8	0.96	0.23	24	0.80	1.37
	9	0.88	0.21	24	0.54	1.10
	10	0.81	0.24	29	0.39	0.96
	11	1.28	0.20	16	1.08	1.60
	12	0.91	0.11	13	0.78	1.08
	13	1.10	0.38	35	0.46	1.49
	14	1.02	0.06	6	0.94	1.11
	15	1.44	0.43	30	0.69	1.75
	16	1.48	0.23	16	1.28	1.88
	17	1.95	0.56	29	1.33	2.81
	18	1.52	0.45	30	0.94	2.19
	19	1.56	0.36	23	1.31	2.25
	20	0.77	0.11	14	0.64	0.86

Tabella 2.17.

- Contenuto in C18:1n9c nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
17	1	20.16	2.49	12	17.42	22.10
C18:1n9c	2	20.29	0.80	4	19.13	21.15
Oleic acid	3	22.65	2.37	10	20.08	26.39
	4	18.73	1.51	8	16.49	20.25
P = 0.001	5	19.18	4.22	22	12.76	23.96
	6	20.64	3.24	16	18.03	26.25
	7	20.19	1.16	6	19.08	21.76
	8	21.52	1.31	6	20.17	23.45
	9	18.29	1.98	11	15.29	20.23
	10	18.67	1.55	8	16.76	20.65
	11	20.12	1.90	9	18.48	22.97
	12	18.28	1.26	7	17.08	20.37
	13	21.30	2.53	12	18.08	24.07
	14	23.57	3.43	15	19.43	27.38
	15	20.29	1.75	9	17.85	22.76
	16	22.58	0.41	2	21.90	22.99
	17	20.22	2.07	10	18.00	23.25
	18	20.51	1.36	7	18.40	21.91
	19	21.23	2.18	10	18.04	23.96
	20	16.11	1.61	10	14.87	18.88

Tabella 2.18.

- Contenuto in C18:2n6t nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
18	1	0.293	0.047	16	0.244	0.348
C18:2n6t	2	0.278	0.039	14	0.229	0.322
Linolelaidic acid	3	0.189	0.045	24	0.133	0.256
	4	0.383	0.128	33	0.198	0.486
P = 0.001	5	0.239	0.026	11	0.205	0.274
	6	0.267	0.077	29	0.167	0.379
	7	0.177	0.021	12	0.150	0.200
	8	0.218	0.014	7	0.203	0.235
	9	0.241	0.050	21	0.184	0.298
	10	0.188	0.013	7	0.170	0.201
	11	0.231	0.055	24	0.154	0.285
	12	0.206	0.028	13	0.170	0.246
	13	0.314	0.046	15	0.249	0.361
	14	0.244	0.040	16	0.176	0.279
	15	0.305	0.042	14	0.246	0.347
	16	0.303	0.076	25	0.248	0.433
	17	0.369	0.035	10	0.324	0.422
	18	0.352	0.107	30	0.274	0.539
	19	0.277	0.072	26	0.199	0.381
	20	0.176	0.038	22	0.119	0.214

Tabella 2.19.

- Contenuto in C18:2n6c nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
19	1	2.572	0.269	10	2.221	2.953
C18:2n6c	2	3.139	0.295	9	2.673	3.437
Linoleic acid	3	2.850	0.230	8	2.539	3.122
	4	2.613	0.428	16	2.104	3.243
P = 0.001	5	2.884	0.449	16	2.411	3.476
	6	2.161	0.074	3	2.083	2.245
	7	2.044	0.117	6	1.977	2.218
	8	2.045	0.129	6	1.926	2.218
	9	2.073	0.248	12	1.719	2.339
	10	2.483	0.290	12	2.046	2.757
	11	3.338	0.159	5	3.098	3.532
	12	2.484	0.157	6	2.293	2.727
	13	3.562	0.372	10	3.079	4.057
	14	3.128	0.242	8	2.827	3.461
	15	3.134	0.142	5	3.025	3.372
	16	2.685	0.132	5	2.604	2.919
	17	2.963	0.467	16	2.243	3.416
	18	3.065	0.373	12	2.727	3.603
	19	2.853	0.578	20	2.234	3.642
	20	2.938	0.357	12	2.487	3.419

Tabella 2.20.

- Contenuto in C20:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
20	1	0.138	0.008	6	0.128	0.151
C20:0	2	0.176	0.051	29	0.136	0.265
Arachidic acid	3	0.191	0.034	18	0.153	0.228
	4	0.173	0.139	80	0.088	0.419
P = 0.076	5	0.104	0.062	59	0.036	0.168
	6	0.128	0.020	16	0.100	0.149
	7	0.161	0.011	7	0.145	0.170
	8	0.125	0.019	15	0.105	0.152
	9	0.251	0.208	83	0.145	0.622
	10	0.146	0.015	10	0.131	0.169
	11	0.171	0.024	14	0.154	0.213
	12	0.130	0.016	13	0.103	0.146
	13	0.188	0.015	8	0.173	0.210
	14	0.170	0.034	20	0.121	0.218
	15	0.178	0.031	18	0.140	0.225
	16	0.186	0.013	7	0.174	0.203
	17	0.204	0.023	12	0.166	0.229
	18	0.167	0.019	11	0.154	0.199
	19	0.151	0.021	14	0.127	0.185
	20	0.110	0.010	9	0.093	0.117

Tabella 2.21.

- Contenuto in C18:3n6 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
21 C18:3n6 γ-Linolenic acid P = 0.001	1	0.052	0.007	13	0.042	0.060
	2	0.058	0.011	20	0.040	0.069
	3	0.055	0.005	9	0.047	0.062
	4	0.033	0.009	28	0.019	0.042
	5	0.042	0.017	40	0.026	0.061
	6	0.036	0.007	19	0.029	0.046
	7	0.047	0.008	17	0.036	0.053
	8	0.043	0.007	16	0.034	0.052
	9	0.041	0.016	38	0.020	0.056
	10	0.053	0.015	28	0.034	0.067
	11	0.061	0.008	14	0.052	0.074
	12	0.042	0.007	16	0.033	0.051
	13	0.051	0.015	30	0.036	0.075
	14	0.052	0.008	16	0.043	0.060
	15	0.052	0.009	17	0.043	0.067
	16	0.059	0.003	6	0.055	0.064
	17	0.063	0.002	4	0.061	0.066
	18	0.060	0.008	13	0.049	0.069
	19	0.085	0.039	47	0.030	0.142
	20	0.060	0.007	11	0.051	0.069

Tabella 2.22.

- Contenuto in C20:1n9 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
22	1	0.038	0.001	2	0.037	0.039
C20:1n9	2	0.035	0.002	7	0.032	0.038
cis-11-Eicosenoic acid	3	0.050	0.014	29	0.040	0.074
	4	0.044	0.012	27	0.034	0.064
P = 0.045	5	0.039	0.008	22	0.031	0.051
	6	0.041	0.006	16	0.033	0.048
	7	0.064	0.072	113	0.027	0.173
	8	0.038	0.011	29	0.029	0.057
	9	0.043	0.001	2	0.042	0.044
	10	0.044	0.017	39	0.026	0.072
	11	0.044	0.006	13	0.037	0.050
	12	0.039	0.005	13	0.035	0.047
	13	0.048	0.014	30	0.034	0.069
	14	0.063	0.014	22	0.050	0.083
	15	0.045	0.004	8	0.041	0.050
	16	0.047	0.003	7	0.043	0.050
	17	0.071	0.013	19	0.056	0.087
	18	0.038	0.007	18	0.030	0.045
	19	0.056	0.019	33	0.029	0.080
	20	0.032	0.002	6	0.029	0.034

Tabella 2.23.

- Contenuto in C18:3n3 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
23	1	0.373	0.053	14	0.305	0.437
C18:3n3	2	0.611	0.064	11	0.519	0.665
Linolenic acid	3	0.429	0.047	11	0.353	0.476
	4	0.461	0.066	14	0.401	0.561
P = 0.001	5	0.423	0.059	14	0.368	0.509
	6	0.321	0.011	3	0.309	0.338
	7	0.304	0.012	4	0.293	0.320
	8	0.400	0.044	11	0.355	0.469
	9	0.231	0.042	18	0.178	0.288
	10	0.567	0.060	11	0.465	0.620
	11	0.594	0.061	10	0.547	0.693
	12	0.427	0.046	11	0.377	0.484
	13	0.741	0.110	15	0.585	0.857
	14	0.444	0.049	11	0.399	0.525
	15	0.474	0.022	5	0.455	0.511
	16	0.436	0.042	10	0.392	0.501
	17	0.419	0.067	16	0.319	0.500
	18	0.612	0.080	13	0.505	0.719
	19	0.469	0.094	20	0.357	0.593
	20	0.417	0.059	14	0.332	0.498

Tabella 2.24.

- Contenuto in CLA nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
24	1	0.614	0.116	19	0.518	0.811
	2	0.612	0.135	22	0.417	0.728
CLA	3	0.474	0.096	20	0.412	0.638
	4	0.668	0.160	24	0.504	0.895
P = 0.001	5	0.399	0.063	16	0.333	0.497
	6	0.414	0.103	25	0.339	0.592
	7	0.533	0.144	27	0.391	0.730
	8	0.444	0.042	9	0.394	0.499
	9	0.439	0.038	9	0.383	0.477
	10	0.415	0.120	29	0.238	0.532
	11	0.472	0.088	19	0.334	0.556
	12	0.409	0.058	14	0.348	0.503
	13	0.469	0.067	14	0.404	0.580
	14	0.415	0.065	16	0.359	0.491
	15	0.558	0.142	25	0.442	0.789
	16	0.555	0.087	16	0.488	0.696
	17	0.587	0.098	17	0.475	0.694
	18	0.549	0.118	22	0.463	0.757
	19	0.647	0.176	27	0.467	0.963
	20	0.327	0.048	15	0.277	0.395

Tabella 2.25.

- Contenuto in C21:1 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
25	1	0.051	0.016	32	0.037	0.069
	2	0.056	0.024	44	0.030	0.084
C21:1	3	0.030	0.005	17	0.022	0.034
	4	0.053	0.045	86	0.000	0.125
Heneicosanoic acid	5	0.035	0.021	59	0.016	0.057
	6	0.035	0.006	16	0.029	0.042
P = 0.009	7	0.042	0.007	18	0.033	0.051
	8	0.037	0.003	9	0.033	0.042
	9	0.038	0.009	24	0.027	0.047
	10	0.040	0.014	36	0.028	0.064
	11	0.036	0.005	14	0.029	0.043
	12	0.029	0.009	30	0.020	0.043
	13	0.034	0.009	28	0.026	0.047
	14	0.039	0.004	11	0.032	0.043
	15	0.047	0.004	9	0.043	0.054
	16	0.032	0.011	33	0.017	0.041
	17	0.025	0.004	15	0.021	0.030
	18	0.041	0.006	16	0.036	0.052
	19	0.034	0.007	20	0.025	0.042
	20	0.015	0.005	34	0.010	0.023

Tabella 2.26.

- Contenuto in C20:2 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
26	1	0.029	0.004	14	0.025	0.035
C20:2	2	0.070	0.096	136	0.022	0.242
cis_11,14-Eicosadienoic acid	3	0.037	0.008	20	0.025	0.044
	4	0.022	0.004	16	0.018	0.027
P = 0.0307	5	0.031	0.006	19	0.024	0.037
	6	0.021	0.004	18	0.018	0.027
	7	0.020	0.004	20	0.014	0.023
	8	0.020	0.003	17	0.014	0.023
	9	0.023	0.004	18	0.020	0.030
	10	0.027	0.007	26	0.016	0.034
	11	0.031	0.003	8	0.027	0.033
	12	0.025	0.005	21	0.020	0.034
	13	0.032	0.005	17	0.023	0.038
	14	0.033	0.004	12	0.028	0.039
	15	0.034	0.006	19	0.027	0.042
	16	0.025	0.005	21	0.019	0.033
	17	0.030	0.005	18	0.022	0.036
	18	0.030	0.003	11	0.027	0.035
	19	0.028	0.004	15	0.022	0.034
	20	0.032	0.003	8	0.028	0.035

Tabella 2.27.

- Contenuto in C22:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
27	1	0.092	0.009	9	0.085	0.104
C22:0	2	0.084	0.010	12	0.075	0.101
Behenic acid	3	0.104	0.013	13	0.084	0.119
	4	0.050	0.018	36	0.025	0.074
P = 0.001	5	0.035	0.022	65	0.010	0.059
	6	0.059	0.010	17	0.042	0.069
	7	0.082	0.009	11	0.074	0.094
	8	0.057	0.013	22	0.040	0.076
	9	0.074	0.005	6	0.066	0.078
	10	0.079	0.016	20	0.064	0.104
	11	0.082	0.016	19	0.068	0.109
	12	0.046	0.006	13	0.039	0.054
	13	0.075	0.009	12	0.064	0.089
	14	0.088	0.011	12	0.074	0.103
	15	0.083	0.020	24	0.064	0.116
	16	0.088	0.008	9	0.077	0.100
	17	0.079	0.009	12	0.068	0.092
	18	0.073	0.009	12	0.059	0.081
	19	0.062	0.015	24	0.042	0.080
	20	0.054	0.006	11	0.049	0.063

Tabella 2.28.

- Contenuto in C20:3n6 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
28	1	0.151	0.015	10	0.132	0.174
C20:3n6	2	0.275	0.183	67	0.161	0.601
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid	3	0.169	0.029	17	0.142	0.217
	4	0.108	0.022	20	0.079	0.140
P = 0.007	5	0.140	0.062	44	0.071	0.210
	6	0.126	0.021	17	0.106	0.160
	7	0.151	0.022	15	0.123	0.172
	8	0.123	0.015	12	0.103	0.143
	9	0.133	0.039	30	0.083	0.184
	10	0.140	0.029	20	0.095	0.170
	11	0.165	0.018	11	0.149	0.194
	12	0.151	0.036	24	0.120	0.207
	13	0.174	0.043	25	0.132	0.230
	14	0.151	0.024	16	0.120	0.183
	15	0.182	0.036	20	0.148	0.233
	16	0.147	0.031	21	0.130	0.203
	17	0.162	0.009	5	0.148	0.172
	18	0.136	0.012	9	0.124	0.152
	19	0.165	0.046	28	0.115	0.223
	20	0.181	0.014	8	0.170	0.200

Tabella 2.29.

- Contenuto in C20:4n6 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
29	1	0.258	0.012	5	0.242	0.274
C20:4n6	2	0.295	0.033	11	0.253	0.342
Arachidonic acid	3	0.312	0.035	11	0.269	0.356
	4	0.214	0.015	7	0.193	0.229
P = 0.001	5	0.247	0.034	14	0.204	0.288
	6	0.207	0.023	11	0.184	0.243
	7	0.239	0.041	17	0.191	0.284
	8	0.210	0.027	13	0.189	0.253
	9	0.253	0.025	10	0.224	0.284
	10	0.248	0.030	12	0.201	0.282
	11	0.290	0.044	15	0.255	0.367
	12	0.231	0.036	15	0.193	0.281
	13	0.241	0.021	9	0.225	0.272
	14	0.250	0.039	16	0.205	0.307
	15	0.244	0.017	7	0.225	0.263
	16	0.225	0.014	6	0.206	0.246
	17	0.219	0.029	13	0.189	0.256
	18	0.273	0.027	10	0.239	0.311
	19	0.271	0.041	15	0.214	0.330
	20	0.225	0.025	11	0.186	0.251

Tabella 2.30.

- Contenuto in C23:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
30	1				0.000	0.000
C23:0	2	0.004	0.010	224	0.000	0.022
Tricosanoic acid	3				0.000	0.000
	4				0.000	0.000
P = 0.001	5	0.022	0.006	26	0.016	0.031
	6	0.027	0.006	23	0.017	0.033
	7	0.039	0.005	13	0.034	0.044
	8	0.028	0.009	33	0.016	0.042
	9				0.000	0.000
	10	0.026	0.016	62	0.000	0.043
	11				0.000	0.000
	12	0.020	0.003	16	0.016	0.023
	13				0.000	0.000
	14	0.006	0.014	224	0.000	0.032
	15	0.026	0.016	62	0.000	0.038
	16				0.000	0.000
	17				0.000	0.000
	18				0.000	0.000
	19	0.023	0.010	44	0.014	0.038
	20				0.000	0.000

Tabella 2.31.

- Contenuto in C22:2 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
31 C22:2 cis-13,16-Decosadienoic acid P = 0.001	1	0.011	0.001	13	0.009	0.012
	2				0.000	0.000
	3	0.003	0.003	92	0.000	0.006
	4				0.000	0.000
	5				0.000	0.000
	6	0.004	0.006	137	0.000	0.011
	7	0.012	0.011	93	0.000	0.025
	8				0.000	0.000
	9				0.000	0.000
	10	0.003	0.007	224	0.000	0.015
	11				0.000	0.000
	12	0.002	0.005	224	0.000	0.011
	13	0.009	0.008	91	0.000	0.015
	14	0.001	0.003	224	0.000	0.006
	15	0.007	0.006	91	0.000	0.011
	16	0.014	0.001	10	0.012	0.016
	17	0.004	0.004	93	0.000	0.007
	18				0.000	0.000
	19	0.026	0.014	53	0.000	0.039
	20	0.009	0.001	13	0.007	0.010

Tabella 2.32.

- Contenuto in C24:0 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
32	1	0.033	0.004	11	0.028	0.037
C24:0	2	0.037	0.005	14	0.030	0.044
Lignoceric acid	3	0.056	0.018	32	0.033	0.070
	4	0.006	0.013	224	0.000	0.028
P = 0.001	5	0.025	0.007	26	0.019	0.035
	6	0.034	0.009	26	0.020	0.041
	7	0.043	0.005	12	0.038	0.050
	8	0.036	0.007	21	0.025	0.045
	9	0.038	0.005	14	0.031	0.045
	10	0.039	0.005	13	0.034	0.045
	11	0.034	0.007	20	0.024	0.043
	12	0.031	0.005	17	0.024	0.037
	13	0.027	0.006	21	0.020	0.034
	14	0.038	0.007	18	0.028	0.046
	15	0.039	0.007	18	0.029	0.046
	16	0.041	0.009	23	0.028	0.053
	17	0.031	0.004	14	0.024	0.036
	18	0.036	0.006	18	0.028	0.045
	19	0.033	0.010	31	0.021	0.045
	20	0.021	0.007	33	0.014	0.029

Tabella 2.33.

- Contenuto in C20:5n3 nel latte delle aziende coinvolte nella Azione 2. I valori sono espressi come percentuale degli acidi grassi totali.

Fame_n	Azienda	Media	Dev. Std.	CV	Minimo	Massimo
33	1	0.042	0.003	7	0.039	0.047
C20:5n3	2	0.051	0.009	17	0.041	0.064
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	3	0.043	0.004	10	0.036	0.047
	4	0.046	0.008	17	0.035	0.053
P = 0.001	5	0.031	0.011	36	0.019	0.045
	6	0.034	0.002	7	0.032	0.038
	7	0.036	0.007	21	0.026	0.044
	8	0.049	0.005	11	0.040	0.056
	9	0.025	0.007	29	0.017	0.030
	10	0.060	0.013	22	0.046	0.078
	11	0.048	0.006	12	0.041	0.056
	12	0.043	0.005	12	0.037	0.050
	13	0.056	0.010	17	0.039	0.063
	14	0.043	0.007	17	0.034	0.053
	15	0.049	0.006	13	0.042	0.057
	16	0.046	0.004	9	0.042	0.052
	17	0.047	0.005	12	0.039	0.052
	18	0.061	0.009	14	0.051	0.069
	19	0.037	0.008	20	0.027	0.049
	20	0.052	0.004	9	0.047	0.058

Tabella 2.34 - Composizione chimica degli unifeed prelevati presso le aziende conferenti ai due caseifici.

Azienda	Gruppo vacche	Sostanza secca	Proteina grezza	Grassi grezzi	Ceneri grezze	Fi bra Neutro Detersa (NDF)	Fi bra Acido Detersa (ADF)	Lignina acido detersa (ADL)	Amido
1	unico	50.26	15.82	2.62	7.96	32.70	21.70	2.94	26.72
2	avanti	51.37	15.15	3.25	6.57	30.90	19.50	2.85	26.67
2	fresche	53.85	16.48	3.40	6.78	29.71	19.87	2.68	26.04
3	unico	59.05	15.70	2.60	6.90	29.50	19.22	2.84	30.02
4	unico	51.54	14.67	2.93	5.58	32.22	23.64	3.75	31.41
5	unico	55.22	17.22	2.78	6.10	33.43	22.92	4.00	26.61
6	avanti	51.93	16.08	2.97	6.93	30.78	19.79	2.87	29.68
6	fresche	49.67	16.52	3.54	7.00	31.94	20.49	3.31	28.13
7	unico	56.56	16.63	3.75	7.67	32.75	20.72	3.39	23.85
8	unico	52.64	16.38	2.71	7.63	29.34	19.50	3.30	26.38
9	unico	54.58	13.90	2.34	7.06	39.73	22.84	3.34	27.63
10	avanti	48.07	15.30	2.57	7.38	37.27	24.32	4.26	22.42
10	fresche	55.96	16.64	3.88	7.14	33.40	20.98	3.56	24.35
11	unico	48.22	16.66	2.82	6.64	38.24	24.93	3.46	20.61
12	avanti	49.12	15.49	2.77	7.09	40.32	28.43	5.22	18.45
12	fresche	56.06	18.83	3.03	8.32	38.23	31.85	5.43	13.94
12	freschissime	50.66	17.24	2.39	7.85	40.34	27.48	4.35	17.25
13	unico	47.79	15.32	2.88	7.68	35.86	22.76	3.50	23.19
14	unico	55.40	16.00	2.36	7.17	34.03	21.68	2.88	27.13
15	avanti	53.69	15.46	2.37	7.95	29.91	19.41	2.56	27.66
15	fresche	55.75	15.91	2.71	8.78	30.34	18.73	2.74	28.54
16	unico	49.58	15.02	2.82	7.45	34.92	20.48	3.02	24.10
17	unico	56.96	15.50	2.57	6.68	33.92	21.36	3.73	24.51
18	unico	55.71	16.24	2.06	7.12	27.31	17.98	2.61	28.16
19	unico	56.33	14.64	2.09	7.10	39.24	28.47	4.69	15.51
20	unico	51.16	17.46	2.76	7.87	34.17	22.68	3.80	26.16
21	avanti	49.54	14.54	3.39	6.51	31.56	20.10	2.91	25.89
21	fresche	50.15	16.20	3.28	6.85	31.09	19.72	2.68	24.45
22	unico	56.57	19.46	2.46	10.75	37.04	27.94	4.40	12.80
23	unico	50.28	15.29	3.65	6.66	34.33	21.33	3.61	23.89
24	avanti	53.30	14.39	3.28	6.76	34.51	23.77	3.57	26.44
24	fresche	56.59	15.29	3.03	7.11	32.03	20.42	3.92	26.20
25	avanti	46.89	16.17	2.82	7.05	35.01	23.72	3.73	22.92
25	fresche	48.38	15.73	3.17	7.10	31.54	22.88	4.52	26.05
26	unico	46.82	16.22	2.81	7.98	32.25	19.92	3.11	26.54
26	unico	50.67	14.39	3.22	7.36	28.11	19.44	2.56	25.97

Tab. 2.35 - Composizione chimica degli unifeed prelevati presso le aziende conferenti ai due caseifici, raggruppati per gruppo vacche a cui sono destinati.

Gruppo vacche		Sostanza secca	Proteina grezza	Grassi grezzi	Ceneri grezze	Fi bra Neutro Detersa (NDF)	Fi bra Acido Detersa (ADF)	Lignina acido detersa (ADL)	Amido
Avanti	n.	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	media	55.45	15.32	2.93	7.03	33.78	22.38	3.50	25.02
	ds	12.72	0.64	0.36	0.47	3.67	3.23	0.90	3.56
	CV	23	4	12	7	11	14	26	14
	min	48.07	14.39	2.37	6.51	29.91	19.41	2.56	18.45
	max	86.55	16.17	3.39	7.95	40.32	28.43	5.22	29.68
Fresche	n.	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	media	53.01	16.54	3.35	7.44	33.18	22.49	3.69	23.88
	ds	3.26	1.03	0.69	0.71	3.65	4.36	0.96	4.97
	CV	6	6	21	10	11	19	26	21
	min	48.38	15.29	2.39	6.78	29.71	18.73	2.68	13.94
	max	56.59	18.83	4.77	8.78	40.34	31.85	5.43	28.54
Unico	n.	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
	media	52.91	15.92	2.75	7.33	33.64	22.08	3.42	24.80
	ds	3.61	1.28	0.44	1.04	3.50	2.76	0.57	4.50
	CV	7	8	16	14	10	12	17	18
	min	46.82	13.90	2.06	5.58	27.31	17.98	2.56	12.80
	max	59.05	19.46	3.75	10.75	39.73	28.47	4.69	31.41
Totale	n.	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
	media	53.50	15.94	2.94	7.29	33.55	22.25	3.50	24.62
	ds	6.53	1.16	0.55	0.86	3.48	3.22	0.74	4.33
	CV	12	7	19	12	10	14	21	18
	min	46.82	13.90	2.06	5.58	27.31	17.98	2.56	12.80
	max	86.55	19.46	4.77	10.75	40.34	31.85	5.43	31.41

Tabella 2.36 - Parametri fermentativi degli unifeed prelevati presso le aziende conferenti ai due caseifici.

Azienda	Gruppo vacche	Potenziale metanigeno	Digeribilità della sostanza secca	Produzione di gas	GP_b	GP_c
1	unico	28.90	80.09	192.03	282.63	0.058
2	avanti	28.53	83.64	193.12	283.30	0.062
2	fresche	27.87	82.74	192.14	293.40	0.060
3	unico	31.18	84.26	204.26	302.93	0.058
4	unico	30.59	84.37	200.96	298.20	0.062
5	unico	28.25	81.53	192.19	283.63	0.061
6	avanti	28.18	84.06	190.48	292.83	0.057
6	fresche	25.54	83.82	197.93	294.93	0.056
7	unico	27.25	82.83	187.54	281.73	0.061
8	unico	28.65	82.61	182.31	285.30	0.061
9	unico	27.93	80.58	178.70	273.80	0.059
10	avanti	25.22	80.27	181.30	279.83	0.056
10	fresche	26.64	81.75	184.81	281.07	0.056
11	unico	28.14	80.61	183.07	274.57	0.059
12	avanti	25.13	76.12	172.00	266.73	0.062
12	fresche	25.54	78.28	169.21	257.13	0.063
12	freschissime	26.67	75.42	175.49	257.03	0.063
13	unico	25.98	81.31	180.53	274.47	0.056
14	unico	29.62	83.63	192.85	300.57	0.059
15	avanti	24.83	81.74	188.86	288.07	0.060
15	fresche	27.21	84.43	188.98	295.40	0.061
16	unico	29.90	81.76	194.21	282.03	0.064
17	unico	27.49	82.66	195.29	287.57	0.060
18	unico	28.45	85.08	188.51	289.90	0.062
19	unico	26.95	80.21	186.57	271.50	0.064
20	unico	27.69	80.85	186.90	277.80	0.056
21	avanti	27.46	83.11	198.09	287.33	0.060
21	fresche	28.45	82.89	185.26	284.47	0.060
22	unico	26.93	76.83	164.53	252.47	0.063
23	unico	29.56	81.92	190.09	278.43	0.055
24	avanti	24.86	80.51	190.07	284.43	0.058
24	fresche	25.60	81.39	182.88	277.33	0.059
25	avanti	27.82	82.28	184.11	277.30	0.062
25	fresche	25.43	82.50	185.14	282.40	0.061
26	unico	23.33	84.75	191.26	301.10	0.053
26	unico	29.98	81.92	196.06	290.80	0.057

Legenda: Potenziale metanigeno: metano prodotto durante 24 ore di fermentazione in vitro (ml/g di sost. secca); Produzione di gas: gas complessivamente prodotto durante 24 ore di fermentazione in vitro (ml/g di sost. secca); GP_b: produzione massima potenziale di gas; GP_c: velocità di fermentazione.

Tabella 2.37 - Correlazioni semplici tra i parametri di composizione chimica e fermentativi degli unifeed raccolti presso le aziende conferenti ai due caseifici.

	LG_SS	CEN_SS	NDF_SS	ADF_SS	ADL_SS	ST_SS	CH4_SS	DMD_24h	GP24h_SS
PG_SS	-0.07	0.57	0.14	0.36	0.33	-0.48	-0.16	-0.32	-0.51
	<i>0.71</i>	<i>0.00</i>	<i>0.42</i>	<i>0.03</i>	<i>0.05</i>	<i>0.00</i>	<i>0.37</i>	<i>0.05</i>	<i>0.00</i>
LG_SS		-0.24	-0.25	-0.25	-0.03	0.16	-0.13	0.16	0.13
		<i>0.16</i>	<i>0.14</i>	<i>0.15</i>	<i>0.84</i>	<i>0.35</i>	<i>0.46</i>	<i>0.36</i>	<i>0.47</i>
CEN_SS			0.16	0.25	0.16	-0.49	-0.30	-0.40	-0.59
			<i>0.35</i>	<i>0.14</i>	<i>0.36</i>	<i>0.00</i>	<i>0.07</i>	<i>0.01</i>	<i>0.00</i>
NDF_SS				0.84	0.73	-0.72	-0.29	-0.78	-0.63
				<i><.0001</i>	<i><.0001</i>	<i><.0001</i>	<i>0.08</i>	<i><.0001</i>	<i><.0001</i>
ADF_SS					0.89	-0.83	-0.31	-0.81	-0.68
					<i><.0001</i>	<i><.0001</i>	<i>0.07</i>	<i><.0001</i>	<i><.0001</i>
ADL_SS						-0.71	-0.42	-0.70	-0.64
						<i><.0001</i>	<i>0.01</i>	<i><.0001</i>	<i><.0001</i>
ST_SS							0.32	0.80	0.77
							<i>0.06</i>	<i><.0001</i>	<i><.0001</i>
CH4_SS								0.31	0.47
								<i>0.06</i>	<i>0.00</i>
DMD_24h									0.76
									<i><.0001</i>

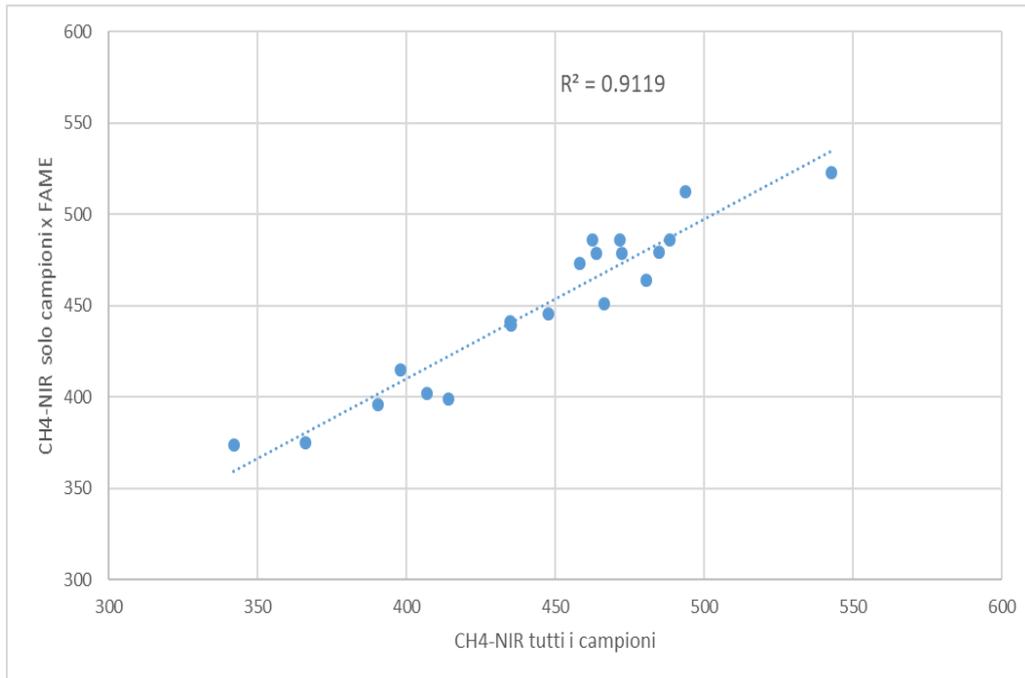


Figura 2.1 – Relazione tra emissioni di metano stimate (medie aziendali) in base agli spettri IR su tutti i campioni di latte prelevati e su quelli impiegati per l'analisi degli acidi grassi (FAME) del latte

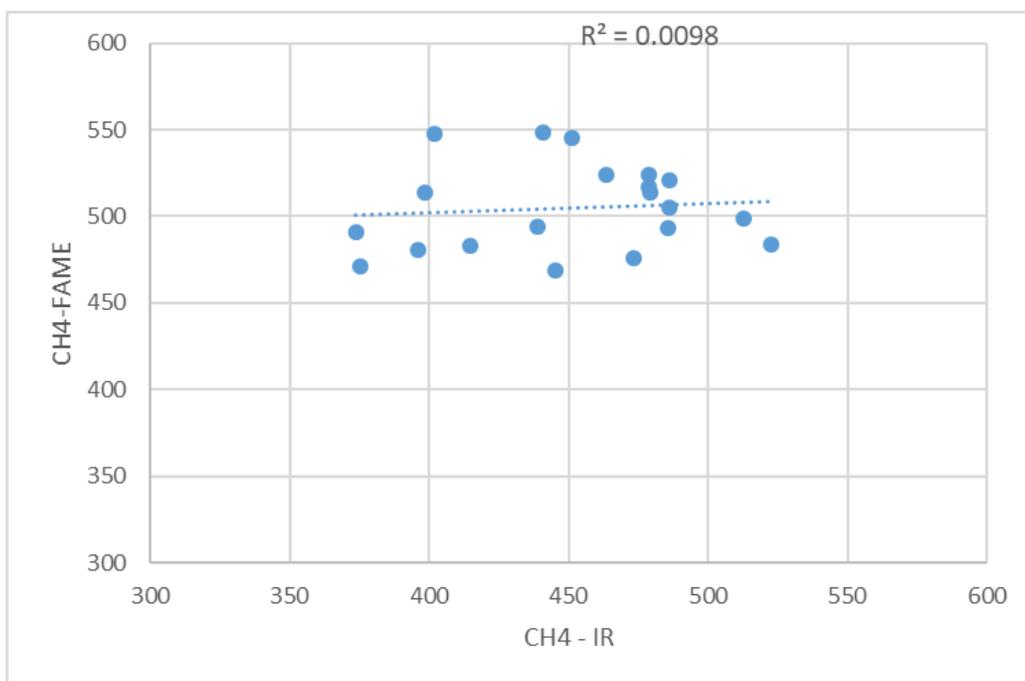


Figura 2.2 – Relazione tra emissioni di metano stimate (medie aziendali) in base agli spettri IR e quelle stimate in base agli acidi grassi (FAME) del latte

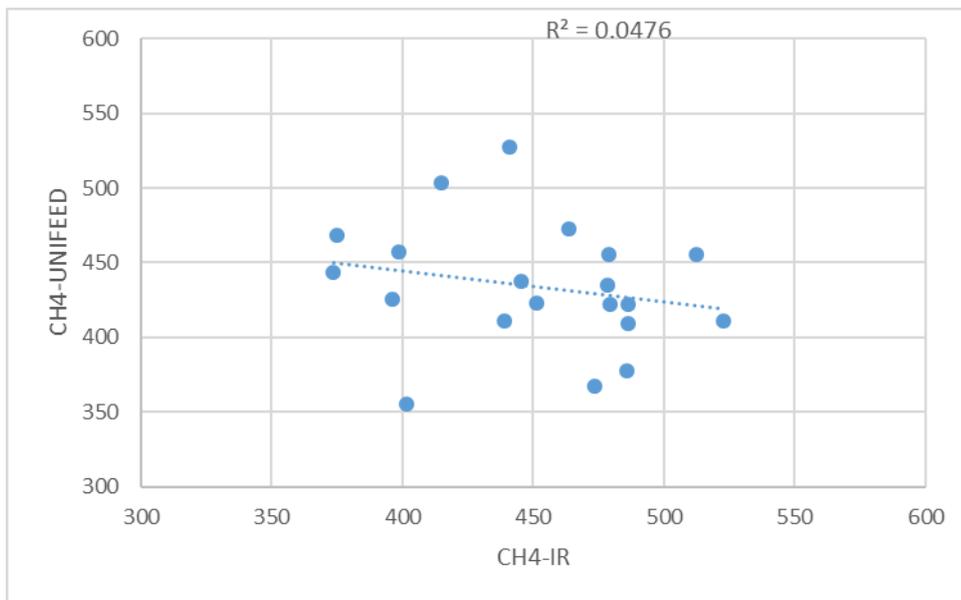


Figura 2.3 – Relazione tra emissioni di metano stimate (medie aziendali) in base agli spettri IR e quelle stimate in base al potenziale metanigeno degli unifeed.

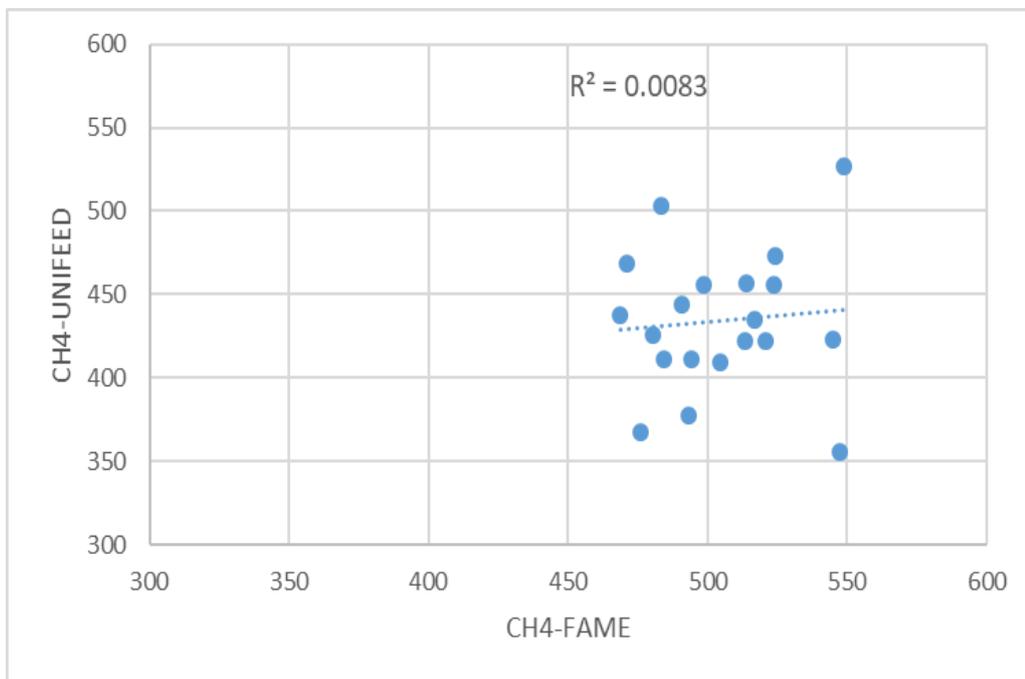


Figura 2.4 – Relazione tra emissioni di metano stimate (medie aziendali) in base agli acidi grassi (FAME) del latte e quelle stimate in base al potenziale metanigeno degli unifeed.

AZIONE 3

SVILUPPO E MESSA A PUNTO DI UN SOFTWARE A SUPPORTO DELLE SCELTE DECISIONALI (DSS)

L'impatto ambientale di un qualsiasi prodotto viene solitamente misurato tramite un approccio di valutazione del ciclo di vita o Life Cycle Assessment (LCA). Anche in questo caso, come nel resto del progetto, si è adottato un approccio "dalla culla al cancello aziendale". Sono state quindi considerate tutte le emissioni di gas climalteranti (gas serra o GreenHouse Gases: GHG), che poi sono convertite in equivalenti di anidride carbonica (kg di CO₂eq), relative all'allevamento, alla gestione dei reflui e agli alimenti utilizzati. Il valore totale viene rapportato al kg di latte corretto per grasso e proteina.

Il focus del progetto è stato la "Carbon footprint" (CF), valutabile attraverso il Global Warming Potential. Tuttavia, la valutazione di impatto ambientale con metodica LCA tramite software dedicati (quale ad esempio Simapro, utilizzato anche nell'ambito di questo progetto per il calcolo delle emissioni delle prime 10 stalle e per la produzione di Grana Padano DOP nel caseificio Santa Vittoria) risulta complessa e richiede un gran numero di informazioni, non sempre a disposizione in modo semplice dell'allevatore. Questo ostacola la possibilità di effettuare valutazioni della CFP di allevamento su un numero elevato di aziende e magari per più anni, a un costo accettabile. Per questo è stato sviluppato un foglio di calcolo che semplifica e velocizza la valutazione dell'impatto ambientale della produzione di latte alla stalla.

Si tratta di un foglio di calcolo basato su Excel, che consente di quantificare le emissioni di GHG relative alla produzione di 1 Kg di latte. La differenza rispetto agli altri metodi deriva dal fatto che richiede un numero notevolmente inferiore di informazioni e permette una valutazione rapida, che ad esempio potrebbe essere effettuata per valutare cambiamenti gestionali o strutturali dell'azienda. È presente anche una maschera d'errore per effettuare un controllo sulla qualità/attendibilità dei dati inseriti e prevenire eventuali errori grossolani di input dati.

Il foglio di calcolo è organizzato in 4 fogli, ciascuno dedicato a uno dei 4 cluster utilizzati nelle altre fasi del progetto, ossia allevamento, reflui, energia e razioni. Questi fogli sono poi collegati a un ulteriore foglio dove vengono visualizzati i risultati relativi all'impronta carbonica riferita al chilogrammo di latte, sempre corretto per i contenuti in grasso e proteine.

Animali allevati		Tipologia di stabulazione	Capi
4	Vacche in produzione	Cuccetta gruppo a gruppo (con lettiera)	100
5	Vacche in asciutta	Lettieria permanente	14
6	Manze	Lettieria solo in area di riposo	103
7	Vitelle	-	15
9	UBA	n°	179

Dati dell'allevamento			
13	Età al primo parto	mesi	26
14	Lattazioni medie	n°	2.22
15	Quota di rimonta	%	37%
16	Durata media dell'asciutta	giorni	60
17	Parto-concepimento	giorni	163
18	Durata della lattazione	giorni	383
19	Interparto	giorni	443
20	Durata svezzamento	giorni	90

Bilancio acquisti/vendite animali			
24	Vacche	n°	42
25	Manze	n°	10
26	Vitelli	n°	62
28	Carne prodotta	Kg	33032

Figura 1. Schermata di inserimento dati nel foglio di calcolo

I dati di input richiesti riguardano la tipologia di stabulazione e il numero di capi delle categorie di animali presenti in allevamento, alcuni dati gestionali e riproduttivi, i dati relativi agli animali venduti o acquistati, la produzione di latte e la qualità, i materiali da lettiera utilizzati, i consumi energetici della stalla e la presenza di eventuali fonti di energia rinnovabile, le razioni medie di ogni categoria. Non vengono invece richieste informazioni relative alle coltivazioni. Questo perché nella parte di indagine CF relativa alle prime 10 stalle, condotta in modo approfondito secondo le linee guida ufficiali, si è verificato che queste componenti mostravano una scarsa variabilità tra le aziende. Questo permette di poterle stimare da dati bibliografici standard senza incidere in modo significativo sul risultato finale di CF. Si è quindi scelto di focalizzare il calcolo sulla stalla, utilizzando per gli alimenti voci provenienti da database esistenti (Ecoinvent e Agrifootprint). Per la sezione relativa al calcolo delle emissioni dall'allevamento (fermentazioni enteriche e da reflui) sono state elaborate formule seguendo l'approccio Tier 2 dell'IPCC. Le quantità di reflui prodotti vengono calcolate sulla base della Direttiva Nitrati.

Il foglio di calcolo calcola le emissioni totali della produzione di latte e le rapporta al kg di latte standardizzato. Vengono anche riportati i contributi dei singoli cluster. In questo caso sono 4 e non 5 perché sono stati unificati gli alimenti, senza distinzione tra acquistati e autoprodotti. Questa scelta è stata una diretta conseguenza della esclusione della parte di calcolo relativa alle coltivazioni aziendali. Sono riportati altri possibili sotto-cluster, utili a valutare nel dettaglio alcuni aspetti.

OPTIGRANASOST			
Carbon Footprint di 1 Kg di FPCM	Kg di CO2eq totali	Kg di CO2eq/Kg di FPCM	%
	1532283	1.370	100
Alimenti	584631	0.523	38
Foraggi	324367	0.290	21.2
Concentrati	260263	0.233	17.0
Consumi Aziendali	149912	0.134	10
Energia	88858	0.079	5.8
Paglia	61054	0.055	4.0
Culture energetiche	0	0.000	0.0
Fermentazioni	563079	0.503	37
Reflui	234661	0.210	15
Metano (CH4)	137125	0.123	8.9
Protossido d'azoto (N2O)	97536	0.087	6.4

Figura 2. Schermata di visualizzazione dei risultati

Per validare il funzionamento del foglio di calcolo sono state condotte delle simulazioni inserendo nel foglio stesso i dati delle dieci aziende per le quali è stato effettuato il calcolo della CF in modo più approfondito. I risultati ottenuti sono stati confrontati i risultati con quanto ottenuto nella fase precedente (valutazione effettuata con i questionari più dettagliati e l'utilizzo del software Simapro). Come atteso, si è ottenuta una buona correlazione tra i risultati prodotti dai due sistemi, dato l'utilizzo degli stessi fattori di emissione delle stesse banche dati, con qualche lieve differenza dovuta alla diversa impostazione del foglio di calcolo.

Andando più nel dettaglio si nota che queste differenze si concentrano nel cluster Alimenti. Essa è principalmente attribuibile al fatto che nell'altra fase del progetto sono stati utilizzati i consumi totali annui degli alimenti dichiarati dagli allevatori, che tengono conto dei cambiamenti effettuati alla razione nel corso dell'annata. Nelle simulazioni fatte, invece, si è partiti dalla valutazione della razione attualmente in uso e si

è fatta una proiezione dei consumi di alimenti su base annua. Questa differenza metodologica rende ragione in larga misura delle differenze riscontrate.

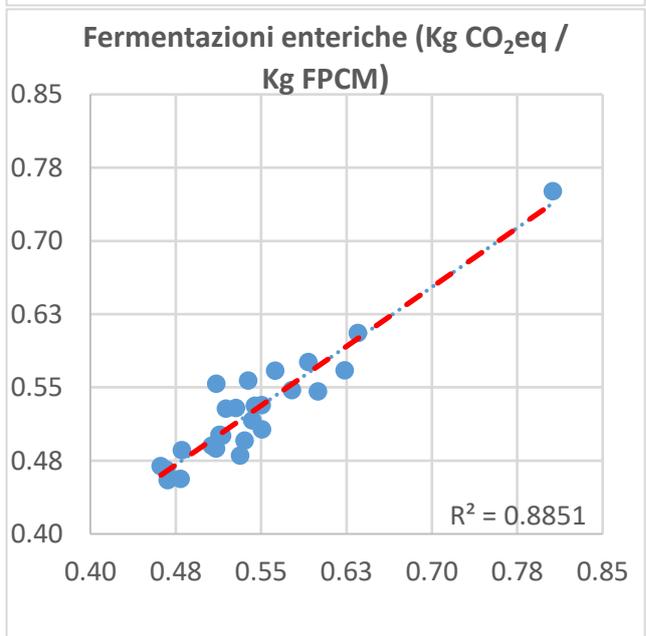
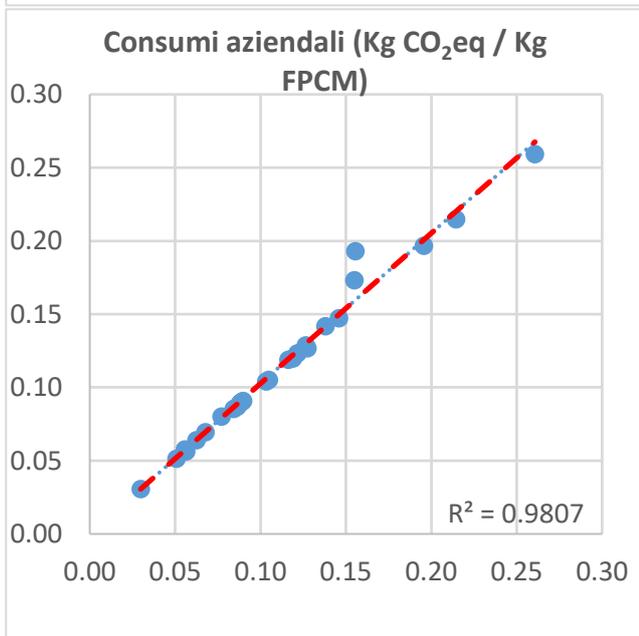
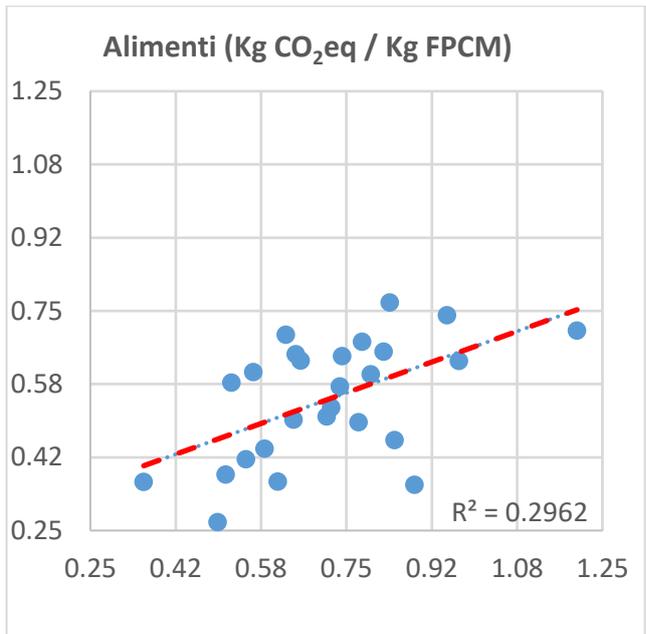
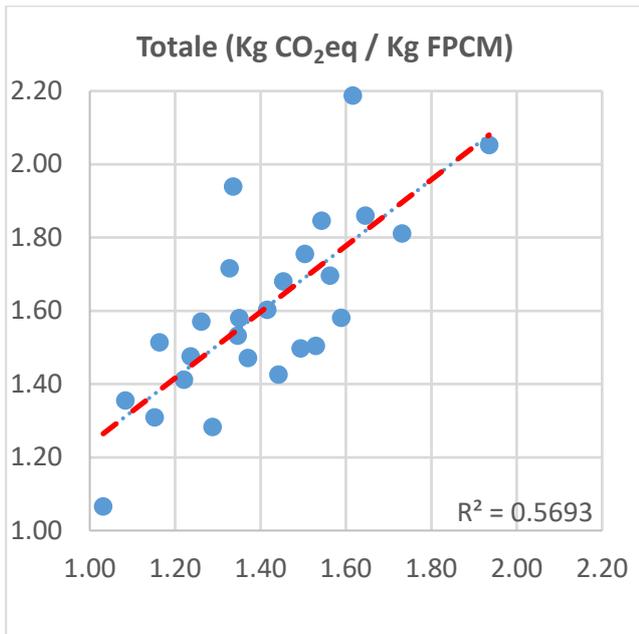
Per quanto riguarda i consumi energetici aziendali e le fermentazioni (enteriche e da reflui) si è riscontrata un'ottima correlazione. In quest'ultimo caso le lievi differenze sono dovute al fatto che nelle formule sono stati inseriti i valori di digeribilità e tenore proteico calcolati per le razioni utilizzando il software di razionamento RatioBest, che si ritengono meglio aderenti alle singole realtà aziendali, mentre la valutazione effettuata nella fase precedente del progetto ha fatto uso di dati tabulati suggeriti dalle linee guida IPCC (2007).

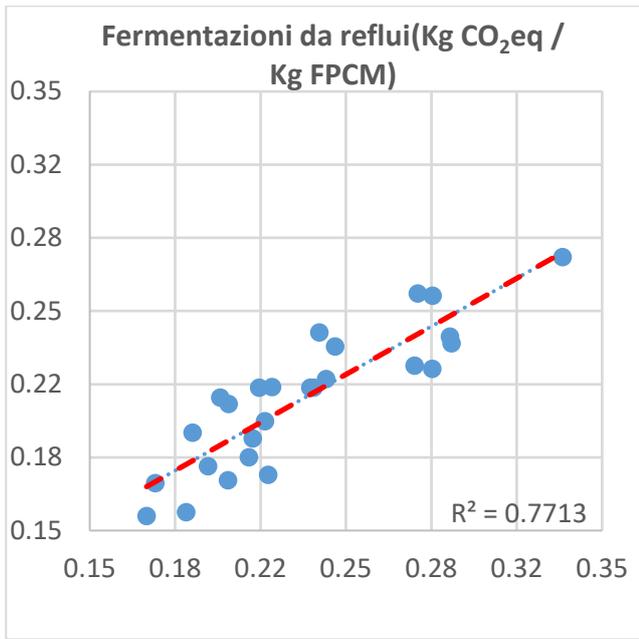
Anche per il cluster "reflui" si è riscontrata una buona correlazione. In questo caso, sempre nell'ottica di una riduzione del numero di dati da reperire in azienda, sono state unite le categorie "manze" e "manzette", che ha verosimilmente generato qualche leggera differenza nel calcolo della quantità di reflui prodotti nel corso dell'anno.

Un'ulteriore e interessante possibile applicazione del foglio è relativa al calcolo dell'impronta carbonica ipotizzando scenari di produzione alternativi. Infatti, possono essere utilizzati dati primari reali per tutte le voci richieste, oppure è possibile modellizzare la struttura della mandria sulla base di alcuni dati gestionali e da qui simulare diversi scenari e calcolarne l'impronta carbonica. È possibile ad esempio verificare le ricadute in termini di CF di cambiamenti relativi a parametri riproduttivi o di mortalità, i quali incidono sulla struttura della mandria e quindi sul numero di animali presenti in allevamento e di quelli invece venduti.

Il foglio di calcolo predisposto rappresenta dunque uno strumento di semplice utilizzo, rapido e parsimonioso in termini di input richiesti. Queste caratteristiche rendono possibili analisi anche ripetute nel tempo, per la verifica dell'effetto di modificazioni apportate alle strutture o al management aziendale, oppure per la previsione delle ricadute di progetti di miglioramento aziendale. Nella routine aziendale, potrebbe essere inoltre utilizzato per valutare le ripercussioni a livello ambientale di cambiamenti nella razione. Si tratta di un calcolo focalizzato sul sistema stalla, che esclude come già specificato la parte relativa alla produzione aziendale di una parte degli alimenti (soprattutto la componente foraggera). Questa, pur caratterizzata da ridotte differenze tra aziende e quindi con un limitato impatto sul valore finale e complessivo di CF, potrebbe essere ulteriormente modellizzata mediante l'aggiunta di ulteriori fogli di calcolo, opzione lasciata aperta dal software prodotto.

Il foglio elaborato è pensato per essere uno strumento a disposizione degli allevatori perché possano effettuare delle auto-valutazioni e verificare diverse possibili scelte anche dal punto di vista dell'ambiente. Esso non è destinato ad una eventuale certificazione ufficiale delle performance ambientali, ma ne può costituire un'opportuna, quando non necessaria, premessa. Vengono giustificate in quest'ottica le semplificazioni metodologiche effettuate, con le conseguenti maggior rapidità di utilizzo e miglior accessibilità.





AZIONI 4 e 5

CALCOLO DELLA CARBON FOOT PRINT DEL PROCESSO DI TRASFORMAZIONE CASEARIA (AZIONE 4) ED ESTENSIONE DELLA VALUTAZIONE A TUTTE GLI ALLEVAMENTI SOCI (AZIONE 5)

Potenziale di riscaldamento globale del Grana Padano DOP: un caso di studio nella provincia di Piacenza

1. Introduzione

I prodotti lattiero-caseari sono uno dei prodotti più consumati nelle regioni europee e, come riportato da Notarnicola et al. (2017), uno dei più impattanti sull'ambiente e in particolare in termini di potenziale di riscaldamento globale (GWP). Si riconosce che la principale fonte di emissione di un prodotto di origine animale o vegetale risiede nella fase agricola che, allo stesso tempo, è complessa, a causa dei molti input richiesti, ed è anche variabile in ogni singola azienda analizzata. A questo scopo, il Life cycle thinking (LCT) e la valutazione del ciclo di vita (LCA) potrebbero rappresentare il metodo di riferimento per analizzare una catena di approvvigionamento o un processo specifico, purché si seguano le linee guida comuni (Sala et al., 2017). Nel caso del settore agricolo, è necessario uno schema di approccio specifico per considerare tutti i flussi di input e output e contestualizzare gli impatti ambientali. Lo scopo di questo studio è stato la valutazione del Global Warming Potential del formaggio Grana Padano DOP, prodotto da un caseificio della provincia di Piacenza, dalla culla al cancello del caseificio, focalizzando l'attenzione sulla fase agricola.

2. Materiale e metodi

Obiettivo e campo di applicazione

Lo scopo di questo lavoro è stata la valutazione del potenziale di riscaldamento globale (GWP) del Grana Padano DOP, stagionato 10 mesi e prodotto in un caseificio situato nella provincia di Piacenza, attraverso un approccio di valutazione del ciclo di vita (LCA). Gli obiettivi sono stati rappresentati dalle rilevazioni delle principali fasi e dei principali processi che vanno a contribuire all'impatto totale. È stata inoltre valutata la sensibilità dei risultati a diversi metodi di allocazione e scenari di produzione del latte destinato alla caseificazione.

Unità funzionale

Sono state prese in considerazione due unità funzionali (UF). Al cancello dell'azienda agricola la UF è stata di 1 kg di latte corretto per grasso e proteine (FPCM) come suggerito da FIL-IDF (2015), mentre al cancello del caseificio è stata di 1 kg di Grana Padano DOP stagionato 10 mesi.

Confini del sistema

La valutazione dell'impatto ambientale ha seguito un approccio "dalla culla al cancello del caseificio". I confini del sistema hanno incluso la fase agricola, quella di caseificazione e di stagionatura del formaggio. In particolare, per la fase agricola sono stati considerati la produzione di alimenti, sia autoprodotti che acquistati ed i relativi input utilizzati (combustibili fossili, fertilizzanti, pesticidi, sementi), sono state prese in considerazione le emissioni enteriche e da reflui e l'uso di altre risorse (energia elettrica, combustibili e materiali da lettine). Per quanto riguarda la fase di caseificio sono stati considerati i consumi energetici, di combustibile, refrigeranti e detergenti oltre ai consumi di ingredienti necessari per la caseificazione (latte, sale, caglio). Il lisozima è stato escluso a causa della bassa incidenza e dell'assenza di dati sul processo di produzione, in accordo con Bava et al. (2018). Inoltre, il consumo di acqua e il trattamento delle acque reflue non sono stati considerati in tutte le fasi a causa della mancanza di dati primari.

Fattore di allocazione

La produzione di latte e la produzione di formaggio sono processi multifunzionali che possono generare prodotti e sottoprodotti diversi. Secondo la norma ISO 14044 (2006) l'allocazione è stata evitata quando possibile. Nel caso in cui l'allocazione si è resa necessaria, è stata scelta l'allocazione biofisica tra latte e carne a livello di azienda agricola. A livello di caseificio l'impatto ambientale tra il formaggio Grana Padano DOP e altri sottoprodotti (es. siero, burro, altri formaggi) è stato assegnato considerando il contenuto di sostanza secca (Environmental and Category, 2020; FIL-IDF, 2015). I dati sono stati valutati anche considerando allocazione basata su contenuto di grassi e proteine, contenuto di energia grezza (Kcal) e solo contenuto proteico. Non è stata redatta una ripartizione specifica tra i co-prodotti della caseificazione a causa della mancanza di dati relativi al loro utilizzo.

Fonti dei dati

I dati primari sono stati raccolti attraverso un apposito questionario, precedentemente redatto, sia a livello di azienda agricola che di caseificio. Nello studio sono state coinvolte 27 aziende agricole e un caseificio. La raccolta dati presso le aziende agricole ha compreso informazioni relative alla produzione di latte e carne, alla composizione della mandria, alla strategia alimentare, ai piani colturali per l'autoproduzione di alimenti, alla gestione dei reflui e all'uso di altre risorse (combustibili, energia, materiale per lettiera); la raccolta dati presso il caseificio ha compreso la quantità di latte lavorato, il trasporto del latte, il consumo di sale e detersivi, il consumo di refrigerante, il consumo di energia relativa sia al processo di produzione che di stagionatura. I dati secondari sono stati ricavati dalle principali banche dati disponibili: Ecoinvent (versione 3.2) (Frischknecht, 2011), Agri-footprint (versione 2.0) (Durlinger et al., 2014), European Life Cycle database (ELCD) (versione 3.1; JRC-IES, 2015) (Commissione Europea -- Centro Comune di Ricerca -- Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, 2010) e U.S. Life Cycle Inventory (USLCI) (National Renewable Energy Laboratory, 2015). Le emissioni dovute alla fermentazione enterica e alla fermentazione dei reflui (CH_4), distribuzione dei reflui (CH_4 , N_2O), applicazione di fertilizzanti (N_2O , CO_2) e applicazione di pesticidi, sono state calcolate sulla base di equazioni specifiche riportate in bibliografia. Tutti i dati si riferiscono al 2017.

Analisi di inventario

A livello di azienda agricola i dati sono stati organizzati in quattro cluster: alimenti autoprodotti (AP), alimenti acquistati (AQ), consumi aziendali (CA), emissioni enteriche (EE) ed emissioni da reflui (ER).

Alimenti prodotti

Sono stati presi in considerazione tutte le colture autoprodotte e destinate all'alimentazione degli animali presenti in allevamento. Attraverso un'indagine sono stati raccolti tutti gli input necessari per la coltivazione, tra cui sementi, fertilizzanti, pesticidi e consumo di carburante. Il consumo di acqua, il trasporto degli input all'azienda e l'occupazione del suolo non sono stati considerati a causa della mancanza di dati primari a livello aziendale. Per quanto riguarda l'applicazione di fertilizzanti, sono state stimate le emissioni dirette e indirette di protossido di azoto (N_2O) e di anidride carbonica (CO_2) attraverso l'applicazione del metodo Tier 1 dell'IPCC (2006), mentre le emissioni di ammoniaca (NH_3) applicando i coefficienti riportati in EMEP-EEA (2016). Le emissioni di pesticidi sono state completamente allocate al suolo come suggerito da Agri-footprint per l'assenza di dati relativi allo stadio vegetativo della coltura al momento dell'applicazione. Le sementi, i fertilizzanti e i pesticidi utilizzati sono stati assegnati alle singole colture secondo il disciplinare di produzione integrato (Reg. CE/1305/13; Reg. CE/1308/13) mentre i consumi di carburante sono stati assegnati alle operazioni colturali secondo i consumi riportati nel decreto Legislativo n. 50/2016 (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2016) e le relative emissioni stimate con i dati di Agri-footprint. Le emissioni dovute ai residui colturali non sono state valutate per

manca di informazioni. Per ogni coltura sono state considerate anche le modalità di raccolta e di stoccaggio.

Alimenti acquistati

Sono state prese in considerazione sia le materie prime che i concentrati, ma è stata esclusa l'integrazione minerale-vitaminica poiché il consumo è stato trascurabile (Meul et al., 2014). Sono stati raccolti i consumi nell'anno relativamente ad ogni mangime utilizzato a seconda della categoria animale, inoltre è stato registrato il numero di forniture nell'anno e la distanza dal fornitore e la provenienza delle materie prime (nazionale, UE o extra-UE). I dati raccolti sono stati validati al fine di escludere le eccedenze non assegnate alla produzione annuale di latte (cioè le scorte di magazzino).

Uso delle risorse nell'azienda agricola

Sono stati considerati i consumi di carburante, GPL e metano necessari per operazioni di alimentazione e produzione di acqua calda a livello di stalla. Sono stati inoltre raccolti dati relativi ai consumi di detersivi per le routine di mungitura e i materiali da lettiera. Relativamente a questi input non sono stati considerati i traposti poiché i dati primari non sono stati disponibili a livello aziendale.

Emissioni enteriche

Le emissioni di metano sono state stimate applicando l'approccio Tier 2 dell'IPCC (2006) per il numero medio di animali, presenti nell'anno considerato, secondo la loro categoria (vitelli dalla nascita allo svezzamento, vitelli da due mesi a un anno, manze da uno a due anni, vacche in lattazione e vacche asciutte). Come suggerito dall'IPCC è stato applicato un fattore di conversione del metano (Y_m) pari al 6,5% e energia digeribile (percentuale dell'energia lorda) del 70%. L'energia di mantenimento è stata calcolata con un coefficiente di 0,322 MJ/giorno/kg per le vacche non in lattazione e pari a 0,386 per le vacche in lattazione. L'energia netta per la produzione di latte è stata stimata considerando la produzione media aziendale e la percentuale di grasso, mentre l'energia netta per il lavoro è stata considerata pari a zero. Il coefficiente per i fabbisogni relativi alla gravidanza applicato è stato pari a 0,10 MJ/giorno.

Emissioni da reflui

La produzione di reflui è stata stimata a partire dai valori riportati nella Direttiva Nitrati (UE, 2000) in base alla categoria animale e al tipo di lettiera, mentre l'escrezione media annua di azoto (kg/capo/anno) è stata stimata a partire dal Regolamento Regionale Emilia-Romagna n. 3/2017 che riporta valori di escrezione di azoto (kg/capo) pari a 82,80 per le vacche in lattazione, 36 per gli animali da allevamento e 12 per i vitelli non svezzati. Per quanto riguarda le emissioni di metano è stato applicato un approccio Tier 2 dell'IPCC (2006) considerando una capacità massima di produzione di metano del letame (B_0T) pari a 0,24 m³CH₄/kg VS e fattore di conversione pari al 2% per lo stoccaggio solido, 14% per i liquami senza copertura di crosta naturale, 22% per i liquami con copertura di crosta naturale e 1% per il digestore anaerobico. Le emissioni dirette e indirette di protossido di azoto sono state valutate utilizzando l'approccio Tier 1 dell'IPCC (2006) applicando un fattore di emissione (EF_3) per le emissioni dirette di 0,005 N₂O-N/kg N per lo stoccaggio solido e il liquame con copertura di crosta naturale e pari a zero per le altre condizioni di stoccaggio. Il fattore di emissione (EF_4) per le emissioni indirette è stato pari a 0,01 kg N₂O-N/kg N. La percentuale di azoto volatilizzato ($Frac_{GASms}$) è stata pari al 28% del totale per lo stoccaggio di solidi e liquami e al 7% per il digestore anaerobico. La percentuale di azoto volatilizzato ($Frac_{GASms}$) è stata pari al 10% del totale per la lisciviazione ($Frac_{LEACHms}$) e il fattore di emissione (EF_5) è stato pari a 0,0075 kg N₂O-N/kg N. Sono state inoltre stimate emissioni indirette dovute allo spandimento dei reflui considerando un fattore di emissione (EF_4) pari a 0,01 kg N₂O-N/kg N. Le emissioni a livello di stalla (Rotz, 2018) (Joo et al., 2015) (Šimon et al.,

2017) non sono state prese in considerazione in quanto tutte le aziende sono state caratterizzate da un sistema di rimozione giornaliera, permettendo la raccolta dei reflui in una pre-vasca dove le emissioni sono state valutate considerando un fattore di conversione per stoccaggi senza presenza di crosta naturale e copertura.

Caseificio

Questo cluster ha preso in considerazione il consumo di carburante dovuto al trasporto di latte dalla stalla al caseificio, altri combustibili (ad esempio metano, GPL), detergenti ed elettricità. Inoltre, è stata rilevata la presenza di fonti di energia rinnovabile (es. impianto fotovoltaico, digestore anaerobico). È stata richiesta la quantità di latte lavorato e la relativa composizione e provenienza, e la quantità di Grana Padano e co-prodotti ottenuti. Non è stata considerata alcuna distinzione tra il processo di produzione del formaggio e la stagionatura a causa della mancanza di dati primari.

Valutazione dell'impatto

L'inventario dei dati raccolti è stato analizzato con il software SimaPro (versione 9.0). Il Global Warming Potential è stato valutato (GWP 100 anni) secondo il metodo IPCC (2013). L'equivalenza dell'anidride carbonica considerata corrisponde a 28 per il metano e 265 per il protossido di azoto e 1 per l'anidride carbonica. L'approccio della valutazione del ciclo di vita è stato sviluppato secondo il manuale ILCD (JRC, 2010) ed è stato scelto un approccio di tipo attribuzionale.

Analisi di sensitività

La scelta dell'allocazione potrebbe influenzare l'impatto ambientale per kg di formaggio, per cui è stata eseguita un'analisi di sensitività per confrontare i diversi metodi di allocazione tra il Grana Padano e gli altri prodotti caseari: 1) contenuto di sostanza secca (AF-DM), suggerito da FIL-IDF (2015) e 2) contenuto di grassi e proteine (AF-FP), suggerito da EPD (2014), 3) contenuto di energia lorda (AF-GE) e 4) contenuto di proteine (AF-P). Inoltre, sono stati effettuati diversi scenari di GWP del Grana Padano DOP considerando il GWP del latte a livello di azienda.

Analisi statistica

L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando il software R (versione 3.6.1). Il test di correlazione del coefficiente di Pearson è stato applicato per indagare la relazione tra l'impatto ambientale e i dati primari.

3. Risultati

Analisi descrittiva dell'azienda

La composizione media della mandria è stata pari a 410 ± 197 capi, corrispondenti a 304 ± 141 UBA e un indice di intensificazione di $4 \pm 1,52$ UBA/ha con un numero medio di vacche in lattazione di 180 ± 81 . Il periodo di interparto è stato di 424 ± 31 giorni e la produzione di latte è stata pari a $1,94E+06 \pm 9,49E+05$ kg FPCM/anno e a $29,00 \pm 4,08$ kg FPCM/capo/giorno. Il fattore di allocazione per il latte è stato pari a 86,44 %.

Potenziale di riscaldamento globale

Produzione di latte

Il GWP medio del latte destinato alla caseificazione è stato pari a $1,38 \pm 0,24$ kg CO₂eq/kg FPCM, corrispondente ad un impatto totale nell'anno pari a $5,13E+07$ kg CO₂eq. Il cluster che ha contribuito maggiormente è stato quello delle emissioni enteriche (EE) seguito dalle emissioni per gli alimenti acquistati (AQ) e delle emissioni dei reflui (ER) con un contributo medio rispettivamente pari al 39, 34 e 14%. Gli alimenti autoprodotti ed i consumi aziendali hanno avuto un contributo relativo del 7%. I processi più rilevanti sono stati la soia (origine brasiliana), che ha contribuito per il 14%, le emissioni enteriche delle vacche che hanno avuto un impatto per il 28%, le emissioni dovute allo stoccaggio dei reflui hanno contribuito per l'11%. I flussi elementari più rilevanti sono stati rappresentati dal CH₄ biogenico (43%), dalla CO₂ fossile (14%), dalla CO₂ dovuta al cambio d'uso del suolo (17%) e dall'N₂O (12%). L'impatto di ogni latte consegnato è ovviamente correlato al contributo percentuale sulla quantità totale di latte trasformato e varia tra il 9 e l'1% del GWP totale. Il potenziale di riscaldamento globale della produzione di latte a livello aziendale è risultato correlato al totale delle unità di bovino adulto e al numero di vacche in lattazione ($p < 0,01$).

Caseificio

Il GWP associato al caseificio, compresi il processo di caseificazione e la stagionatura, è stato pari a $2,80E+06$ kg di CO₂eq nel 2017 ma l'impatto attribuito alla produzione del Grana Padano è stato pari a $1,12E+06$ kg di CO₂eq considerando il fattore di allocazione basato sulla sostanza secca; le restanti emissioni sono state attribuite al siero ($1,35E+06$ kg di CO₂eq) e alla panna ($3,14E+05$ kg di CO₂eq). Il consumo di energia elettrica ha contribuito al 32% del GWP totale dello stabilimento e al 2% di 1 kg di Grana Padano. In particolare, il 31% è dovuto al consumo del mix elettrico italiano mentre l'1% all'autoproduzione di energia elettrica con impianto fotovoltaico. Impatti irrilevanti sono stati associati all'uso di refrigeranti e detersivi e al diesel utilizzato anche per il trasporto. I flussi più rilevanti sono stati quelli di CO₂ fossile e CO₂, che hanno contribuito rispettivamente al 63% e al 29%, seguiti da CH₄ (5%) e N₂O (1%). Questi sono legati alla produzione di acido nitrico e alla produzione di energia e combustibili.

Grana Padano DOP

Il GWP del formaggio è risultato essere pari a 9,99 kg CO₂eq/kg GP 10 mesi. I flussi elementari più rilevanti sono stati CH₄ biogenico (43%), CO₂ fossile (18%), CO₂ per cambio d'uso del suolo (17%) e N₂O (12%). I cluster maggiormente impattanti sono stati le emissioni enteriche (35%), alimenti acquistati (23%), consumi aziendali (17%) e le emissioni da reflui (11%). A livello globale, il potenziale di riscaldamento globale del Grana Padano DOP è dipeso per il 95% dalla fase agricola e per il 5% dalla fase casearia.

Analisi della sensibilità

Fattore di allocazione del Grana Padano

Il metodo di allocazione ha influito sui risultati. Considerando il contenuto di proteine e grassi, l'impatto ambientale è stato assegnato per il 70% al Grana Padano DOP, per il 3% al siero di latte e per il 27% alla produzione di panna. Il Grana Padano ha la percentuale più alta di proteine e la seconda percentuale di grassi. Considerando però il contenuto di sostanza secca il fattore di allocazione del Grana Padano è stato pari al 41% perché presenta la percentuale più alta di sostanza secca rispetto agli altri co-prodotti, ma la

massa totale è stata solo il 7% rispetto all'88% di siero sul totale. Con FA-SS il GWP totale associato alla produzione di Grana Padano nell'anno è stato pari a $2,22E+07$ kg CO₂eq e a 9,99 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP; con il metodo di allocazione FA-GP l'impatto totale è stato pari a $3,79E+07$ kg CO₂eq e a 17,06 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP. Nel frattempo l'allocazione attraverso il contenuto energetico aveva determinato un GWP del formaggio di $2,33E+07$ kg CO₂eq e di 10,48 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP; mentre l'allocazione basata sul contenuto proteico ha determinato un GWP totale di $4,92E+07$ e di 22,18 kg CO₂eq/kg Grana Padano DOP.

Scenario del latte da latte

Sono stati valutati quattro scenari, considerando l'impatto ambientale del latte a livello aziendale, per la produzione del formaggio Grana Padano DOP. Le aziende sono state suddivise considerando il valore medio di GWP e poi considerando il migliore e peggiore 10%.

Nello scenario peggiore le aziende agricole, che avevano un valore di GWP superiore alla media, hanno riportato 323 ± 187 capi totali con 147 ± 83 vacche in lattazione e un indice di intensificazione di 3 UBA/ha. Il periodo di interparto è stato di 439 giorni. La produzione di latte è stata pari a $1,47E+06$ kg FPCM/anno e a 26 kg FPCM/capo/giorno. Il fattore di allocazione del latte è stato di 87,43%. Il 10% peggiore di queste aziende ha presentato una composizione della mandria di 205 ± 109 capi con il 54% di vacche. Gli UBA totali sono stati pari a 154 con un indice di intensificazione di $2 \pm 1,65$ UBA/ha. Il periodo interparto è stato di $427 \pm 16,26$ giorni. La produzione di latte è stata pari a $8,04E+05$ kg FPCM/anno e a 22 kg FPCM/capo/giorno con un fattore di allocazione del latte dell'87,78%.

Al contrario, le aziende agricole dello scenario migliore hanno presentato 496 ± 179 capi con il 51% di vacche in lattazione (214 ± 73 capi). Gli UBA totali sono stati pari a 365 ± 127 e l'indice di intensificazione di 4 UBA/ha. Il periodo di interparto è stato pari a 410 giorni e la produzione di latte pari a $2,41E+07$ kg FPCM/anno e a 31 kg FPCM/capo/giorno. Il fattore di allocazione del latte è stato pari all'85,31%. Il miglior 10% di queste aziende presentava invece 187 ± 158 vacche in lattazione e un indice di intensificazione di 3 UBA/ha. Il livello di produttività è stato pari a $2,02E+06$ kg FPCM/anno corrispondente a 32 kg FPCM/cavallo/giorno. Il fattore di assegnazione del latte è stato pari all'86,97%.

Il valore medio del riscaldamento globale del latte da latte nei migliori scenari è stato di 1,22 e 1,02 kg CO₂eq/kg FPCM considerando le aziende agricole al di sotto della media GWP e il miglior 10% rispettivamente. Negli scenari peggiori invece il GWP del latte è stato di 1,59 e 1,83 kg CO₂eq/kg FPCM considerando le aziende al di sopra della media e il peggior 10% rispettivamente.

L'impatto del cluster alimenti acquistati (AQ) è variato tra il 28% nello scenario del miglior 10% e il 35% degli scenari reale e inferiore alla media; il contributo delle emissioni enteriche è variato tra il 35% dello scenario peggiore e il 48% dello scenario migliore. Nel peggiore scenario del 10% i cluster degli alimenti prodotti (AP) e dei consumi aziendali (CA) hanno avuto il livello di contributo più alto, rispettivamente il 10% e l'11%.

Considerando l'impatto ambientale del formaggio Grana Padano DOP, il contributo del latte sul totale varia dal 93,4% nello scenario del peggior 10% al 96,2% nello scenario del miglior 10%. Il GWP medio è stato pari a 7,68 e 9,04 kg di CO₂eq/kg di Grana Padano DOP nel miglior 10% e sotto la media e a 13,34 e 11,90 kg di CO₂eq/kg di Grana Padano DOP nel peggior 10% e sopra la media.

4. Discussione

Potenziale di riscaldamento globale

Il potenziale di riscaldamento globale medio di 1 kg di formaggio Grana Padano DOP in questo studio è in accordo con i risultati riportati in letteratura. Il GWP della produzione di latte, per la produzione di Grana Padano, è risultato pari a 1,32 kg di CO₂eq con un range di variazione da 1,25 a 1,60 kg di CO₂eq, questo è in accordo con quanto riportato da Famiglietti et al. (2019) e Lovarelli et al. (2019), che hanno adottato gli stessi confini di sistema, il metodo di valutazione e la stessa unità funzionale. Altri studi che riportano l'impatto ambientale del latte da latte negli scenari italiani come Fantin et al. (2012) (0,8-1,5 kg CO₂eq), Battini et al. (2014) (1,21 kg CO₂eq), Baldini et al. (2018) (1,11-1,69 kg CO₂eq), Battini et al. (2016) (1,02-1,26 kg CO₂eq) e Lovarelli et al. (2019) (0,90-1,56 kg CO₂eq) hanno mostrato un range abbastanza ampio nel GWP del latte. Il contributo della fase agricola, risultato pari al 95%, è in linea con altri studi sul GWP per la produzione di formaggio Grana Padano. Anche Berlino e Sonesson (2008), van Middelaar et al. (2011), Aguirre-Villegas et al. (2012), González-García et al. (2013), Djekic et al., (2014), Notarnicola et al. (2017) e Santos et al. (2017) identificano le emissioni a livello di azienda agricola come il principale contributo al GWP del formaggio. Il contributo del caseificio è legato al consumo di energia e di combustibili, superiore a quello delle aziende agricole, ma rimane trascurabile sul totale. Le strategie di mitigazione raccomandate devono essere implementate nella fase agricola e di management aziendale attraverso un approccio olistico in grado di migliorare la produttività degli animali in base alle condizioni di benessere, portando anche ad un miglioramento della sostenibilità ambientale ed economica.

Analisi di sensitività

L'allocazione viene utilizzata per risolvere il problema della multifunzionalità di un sistema ed è suggerita quando non è possibile la divisione virtuale o la suddivisione di input e output (JRC, 2010) (Forleo et al., 2018). FIL-IDF (2015) e PEFCR per i prodotti lattiero-caseari (2020) hanno suggerito un'allocazione basata sul contenuto di sostanza secca invece dell'approccio basato sul contenuto di grassi e proteine suggerito dal PEFCR (2015). Il siero di latte è il principale sottoprodotto del processo di produzione del formaggio Grana Padano e poiché il contenuto di materia secca è il più basso, l'impatto ambientale viene assegnato per la maggior parte del formaggio Grana Padano. Considerando invece altri metodi di allocazione, non suggerite dalle linee guida, come il contenuto di grassi e proteine la quota di impatto ambientale è tra formaggio e panna. Anche se non è l'allocazione suggerita, tenere conto del contenuto di grassi e proteine potrebbe evidenziare la resa del formaggio di latte e potrebbero essere necessarie ulteriori indagini anche per considerare il contenuto proteico specifico (ad esempio la caseina) che sono essenziali per la caseificazione. Infatti, considerando solo la proteina GWP è destinato principalmente al Grana Padano. D'altra parte, l'allocazione attraverso l'energia lorda ha mostrato una ripartizione d'impatto tra formaggio e coprodotti più vicina al metodo di allocazione della sostanza secca e anche la classifica è stata mantenuta. La scelta di un approccio uniforme è essenziale per rendere comparabili i diversi studi e individuare le migliori strategie manageriali in grado di migliorare l'efficienza dell'azienda e ridurre l'impatto ambientale, sia del latte che del formaggio. Considerando il maggiore contributo della fase agricola, sono stati considerati diversi scenari basati sul GWP del latte, al fine di indagare anche il potenziale di mitigazione sul GWP del Grana Padano. Il livello massimo di miglioramento è stato pari ad una riduzione del GWP del latte del 23% nelle migliori condizioni di allevamento, che si è riflessa in una riduzione del GWP del Grana Padano del 21%. Al contrario, il peggioramento delle condizioni di efficienza aziendale potrebbe far aumentare il GWP del latte del 39% e quello del formaggio del 37%. Gli scenari migliori sono stati caratterizzati da un miglioramento delle prestazioni riproduttive delle vacche, identificabile con una maggiore produzione di latte e un periodo interparto inferiore, che potrebbe essere associato ad un livello di fertilità e stato di salute più elevato e ad una maggiore efficienza alimentare. Questi fattori sono regolati da strategie di gestione aziendale (Huzzey

et al., 2015; Rodney et al., 2016; Watters et al., 2008) ma potrebbero anche essere migliorati attraverso la selezione genetica (Berry et al., 2003) (VandeHaar et al., 2016).

5. Conclusioni

I risultati, in termini di impatto ambientale e di contributo, di questo studio hanno confermato quanto precedentemente riportato in bibliografia sul potenziale di riscaldamento globale del formaggio Grana Padano DOP. Lo studio ha sottolineato il contributo della fase di allevamento e come il miglioramento delle prestazioni degli animali influisca sull'impatto ambientale del latte. Lo scenario meglio analizzato sottolinea come il miglioramento della produzione di latte in funzione delle prestazioni riproduttive sia in grado di migliorare l'impatto ambientale del latte, e di conseguenza il contributo della fase di allevamento, anche dell'impatto ambientale del formaggio. L'identificazione di una strategia comune per il miglioramento delle aziende agricole non può essere univoca poichè ogni azienda è una realtà a sé stante. Un approccio olistico che tenga conto anche della sostenibilità economica potrebbe essere una soluzione ottimale. A questo proposito, ulteriori indagini possono essere interessanti tenendo conto della selezione genetica sia per l'efficienza animale che per il contenuto di proteine e caseina del latte e di conseguenza per la produzione di formaggio. Ciò che riguarda la fase di caseificio, l'impiego di risorse rinnovabili potrebbe fornire ulteriori miglioramenti e ridurre l'impatto ambientale.

Tabelle

Tabella 1. Composizione e performance della mandria nelle aziende conferenti al caseificio

	Unità	Aziende																			
		1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Mandria	<i>capo</i>	438	324	726	481	709	661	524	170	131	150	282	312	225	439	480	586	495	128	650	298
<i>Vitelli, <6 mesi</i>	<i>capo</i>	43	21	30	24	31	29	27	12	9	13	14	19	22	35	65	35	24	8	50	15
<i>Manzette, 6-12 mesi</i>	<i>capo</i>	70	50	189	67	144	129	107	30	17	16	48	54	35	90	90	97	70	30	136	40
<i>Manze, 1-2 anni</i>	<i>capo</i>	110	80	172	135	183	198	127	39	27	33	58	66	44	95	90	132	172	25	125	70
<i>Vacche in latte</i>	<i>capo</i>	185	148	300	221	298	268	231	75	70	75	136	148	104	183	200	280	192	50	288	148
<i>Vacche asciutte</i>	<i>capo</i>	30	25	35	34	53	37	32	14	8	13	26	25	20	36	35	42	37	15	51	25
Unità bovino adulto (UBA)	<i>n °</i>	320	244	519	366	520	480	386	126	103	117	216	237	169	319	344	446	362	92	478	232
Indice di intensificazione	<i>UBA/ha</i>	2.41	3.54	4.14	4.20	2.91	5.12	2.70	4.5	3.2	2.2	3.3	4.0	3.7	1.3	7.1	4.0	6.4	1.0	3.4	1.9
Vacche	<i>%</i>	49	53	46	53	50	46	50	52	60	59	57	55	55	50	49	55	46	51	52	58
Animali da rimonta	<i>%</i>	51	47	54	47	50	54	50	48	40	41	43	45	45	50	51	45	54	49	48	42
Quota di rimonta	<i>%</i>	38	36	38	37	42	38	38	40	37	34	38	36	41	40	38	34	34	29	41	34
Età al primo parto	<i>mesi</i>	26	27	25	26	26	27	27	27	27	31	29	26	24	26	24	26	33	22	25	31
Interparto	<i>giorni</i>	398	411	415	446	398	415	453	452	446	355	438	457	440	415	385	450	486	415	400	396
N° lattazioni medio	<i>n °</i>	2.4	2.5	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1	2	2.2	3	2.2	2.2	2	2.2	2.5	2.4	2.2	3	2.2	2.7
Durata lattazione	<i>giorni</i>	341	351	370	386	338	359	398	378	386	300	368	387	380	354	330	385	426	355	340	321
Durata asciutta	<i>giorni</i>	57	60	45	60	60	56	55	74	60	55	70	70	60	61	55	65	60	60	60	75

Tabella 2. Produzione e composizione del latte nelle aziende conferenti

		Azienda																			
unità		1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FPCM	kg/anno	2.21E +06	1.74E +06	3.45E +06	2.19E +06	3.09E +06	3.35E +06	2.41E +06	7.06E +05	6.36E +05	9.57E +05	1.30E +06	1.35E +06	1.05E +06	2.10E +06	2.15E +06	2.81E +06	2.05E +06	3.09E +05	3.29E +06	1.70E +06
Grasso	%	3.90	3.83	4.05	3.93	3.79	3.86	3.77	3.81	4.01	3.84	3.76	4.09	3.85	3.82	3.96	3.83	3.89	4.08	3.74	3.86
Proteine	%	3.40	3.42	3.53	3.53	3.31	3.36	3.37	3.53	3.61	3.39	3.55	3.60	3.39	3.45	3.46	3.40	3.43	3.44	3.43	3.52
Produzione di latte	Kg FPCM /capo /giorno	32.80	32.24	31.51	27.17	28.39	34.28	28.56	25.80	24.88	34.97	26.16	25.00	27.73	31.48	29.42	27.48	29.31	16.96	31.30	31.53

Tabella 3. Produzione di carne nelle aziende conferenti

		Azienda																			
unità		1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Vitelli venduti	n/anno	110	58	140	112	175	149	120	40	25	34	45	66	40	110	104	180	77	20	174	82
Manze vendute	n/anno	19	4				12						12		2				2		
Vacche vendute	n/anno	70	42	130	80	120	128	53	20	15	25	15	37	31	82	77	150	55	15	150	64
Vitelli totali	t PV	5	3	8	5	8	7	7	2	1	2	2	3	2	5	5	8	3	1	9	4
Manze totali	t PV	6	1				3						3.6		0.6				0.6		0
Vacche totali	t PV	42	25	78	48	72	77	32	12	9	15	9	22	19	49	46	90	33	9	90	38
Totale carne venduta	t PV	53	29	86	53	80	87	38	14	10	17	11	29	21	54	51	98	36	10	99	43

Tabella 4. Fattore di allocazione biofisica nello scenario medio e nei 4 scenari ipotetici analizzati

Fattore di allocazione	Medio				> Media				< Media				Miglior 10%				Peggior 10%			
	Media	Min	Max	DS	Media	Min	Max	DS	Media	Min	Max	DS	Media	Min	Max	DS	Media	Min	Max	DS
FA-latte	86.44	78.90	94.87	3.77	87.43	80.68	94.87	4.42	85.31	78.90	89.88	3.18	86.97	84.38	89.57	3.67	87.78	80.68	94.87	10.04
FA-carne	13.56	5.13	21.10	3.77	12.57	5.13	19.32	4.42	14.69	10.12	21.10	3.18	13.03	10.43	15.62	3.67	12.22	5.13	19.32	10.04

Tabella 5. Statistica descrittiva della composizione della mandira nello scenario medio e nei 4 scenari ipotetici analizzati

	Unità	Medio				> Media				< Media				Miglior 10%				Peggior 10%			
		Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media
Mandria	capo	410	128	726	196.73	323	128	650	187.75	496	150	726	179.06	430	150	709	395.27	205	128	282	108.89
Vitelli, <6 mesi	capo	26	8	65	14.40	21	8	50	12.90	33	13	65	14.76	22	13	31	12.73	11	8	14	4.24
Manzette, 6-12 mesi	capo	75	16	189	47.00	58	17	136	39.46	93	16	189	49.21	80	16	144	90.51	39	30	48	12.73
Manze, 1-2 anni	capo	99	25	198	54.86	72	25	135	44.92	122	33	198	51.25	108	33	183	106.07	42	25	58	23.33
Vacche in latte	capo	180	50	300	80.92	147	50	288	82.84	214	75	300	72.43	187	75	298	157.68	93	50	136	60.81
Vacche asciutte	capo	30	8	53	12.05	25	8	51	12.95	35	13	53	11.07	33	13	53	28.28	21	15	26	7.78
Unità bovino adulto (UBA)	n °	304	92	520	141.63	242	92	478	138.30	365	117	520	127.43	319	117	520	285.25	154	92	216	87.82
Indice di intensificazione	UBA/ha	4	1	7	1.52	3	1	5	1.04	4	1	7	1.78	3	2	3	0.50	2	1	3	1.65
Vacche	%	52	46	60	4.22	54	50	60	3.15	51	46	59	4.46	54	50	59	6.71	54	51	57	4.24
Animali da rimonta	%	48	40	54	4.22	46	40	50	3.15	49	41	54	4.46	46	41	50	6.71	46	43	49	4.24
Quota di rimonta	%	37	29	42	3.12	38	29	41	3.69	37	34	42	2.88	38	34	42	5.24	34	29	38	6.05
Età al primo parto	mesi	27	22	33	2.59	26	22	29	2.03	27	24	33	2.83	29	26	31	3.54	26	22	29	4.95
Interparto	giorni	424	355	486	30.90	439	400	457	18.99	410	355	486	32.59	377	355	398	30.41	427	415	438	16.26
N° lattazioni medio	n °	2	2	3	0.28	2	2	3	0.30	2	2	3	0.24	3	2	3	0.57	3	2	3	0.57
Durata lattazione	giorni	363	300	426	29.61	375	340	398	18.10	351	300	426	32.40	319	300	338	26.87	362	355	368	9.19
Durata asciutta	giorni	61	45	75	7.09	63	55	74	6.40	59	45	75	7.01	58	55	60	3.54	65	60	70	7.07

Table 6. Descriptive analysis of milk production and composition

	unità	Medio				> Media				< Media				Miglior 10%				Peggior 10%			
		Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media
FPCM	kg/anno	1.94E+0 6	3.09E+0 5	3.45E+0 6	9.49E+0 5	1.47E+0 6	3.09E+0 5	3.29E+0 6	9.72E+0 5	2.41E+0 6	9.57E+0 5	3.45E+0 6	7.83E+0 5	2.02E+0 6	9.57E+0 5	3.09E+0 6	1.51E+0 6	8.04E+0 5	3.09E+0 5	1.30E+0 6	6.99E+0 5
Grasso	%	4	4	4	0.11	4	4	4	0.14	4	4	4	0.08	4	4	4	0.03	4	4	4	0.22
Proteine	%	3	3	4	0.08	3	3	4	0.09	3	3	4	0.06	3	3	3	0.06	3	3	4	0.08
Produzione di latte	Kg FPCM /capo /giorno	29	17	35	4.08	26	17	31	3.92	31	27	35	2.26	32	28	35	4.65	22	17	26	6.51

Tabella 7. Produzione di carne nelle aziende conferenti nello scenario reale e nei 4 scenari ipotetici analizzati

	unità	Medio				> Media				< Media				Miglior 10%				Peggior 10%			
		Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media	Media	Min	Max	DS	Media
Vitelli venduti	n/anno	93	20	180	52.15	71	20	174	52.48	116	34	180	48.23	105	34	175	99.70	33	20	45	17.68
Manze vendute	n/anno	3		19	5.83	2		12	4.47	4		19	6.47								
Vacche vendute	n/anno	68	15	150	45.89	46	15	150	44.56	91	25	150	42.85	73	25	120	67.18	15	15	15	
Vitelli totali	t PV	4	1	9	2.53	3	1	9	2.73	5	2	9	2.32	5	2	8	4.49	1	1	2	0.80
Manze totali	t PV	1		6	1.70	1		4	1.34	1		6	1.87								
Vacche totali	t PV	41	9	90	27.54	28	9	90	26.74	55	15	90	25.71	44	15	72	40.31	9	9	9	
Totale carne venduta	t PV	46	10	99	30.10	32	10	99	29.37	61	17	99	27.96	48	17	80	44.79	10	10	11	0.80

Tabella 8. Global Warming Potential (GWP) della produzione di latte, espresso come kg CO₂eq/ kg FPCM

Azienda	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER
1	1.24	0.39	0.11	0.08	0.48	0.18
2	1.24	0.44	0.06	0.06	0.50	0.18
4	1.28	0.59	0.06	0.06	0.50	0.06
6	1.54	0.59	0.04	0.12	0.55	0.23
7	1.02	0.29	0.06	0.04	0.53	0.09
9	1.22	0.45	0.06	0.03	0.49	0.19
10	1.57	0.57	0.13	0.09	0.55	0.26
11	1.56	0.53	0.07	0.19	0.56	0.21
12	1.42	0.40	0.13	0.14	0.53	0.21
13	1.03	0.28	0.08	0.06	0.45	0.16
14	1.73	0.67	0.10	0.15	0.58	0.24
15	1.65	0.59	0.09	0.20	0.55	0.22
16	1.49	0.52	0.12	0.12	0.53	0.21
17	1.34	0.52	0.06	0.09	0.50	0.17
18	1.14	0.32	0.05	0.03	0.51	0.24
19	1.15	0.33	0.08	0.05	0.47	0.22
20	1.31	0.37	0.09	0.07	0.57	0.22
21	1.94	0.40	0.25	0.26	0.75	0.27
22	1.37	0.51	0.14	0.09	0.47	0.17
23	1.29	0.50	0.11	0.06	0.46	0.16

Tabella 9. Statistica descrittiva del GWP del latte destinato alla caseificazione, espresso come kg CO₂eq/ kg FPCM

Azienda	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER
Media	1.38	0.46	0.09	0.10	0.52	0.19
Min	1.02	0.28	0.04	0.03	0.45	0.06
Max	1.94	0.67	0.25	0.26	0.75	0.27
DS	0.24	0.11	0.05	0.06	0.07	0.05

Tabella 10. Contributo dei cluster sul valore finale di GWP del latte, espresso in percentuale

Azienda	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER
1	100	31	9	6	39	14
2	100	35	5	5	40	15
4	100	47	5	4	39	5
6	100	38	3	8	36	15
7	100	29	6	4	52	9
9	100	37	5	2	40	16
10	100	36	8	5	35	16
11	100	34	5	12	36	13
12	100	28	9	10	37	15
13	100	27	8	6	44	15
14	100	38	6	8	33	14
15	100	36	5	12	33	14
16	100	35	8	8	35	14
17	100	39	5	7	37	13
18	100	28	4	3	45	21
19	100	29	7	4	41	19
20	100	28	7	6	43	16
21	100	21	13	13	39	14
22	100	37	10	6	34	13
23	100	39	9	5	35	12

Tabella 11. Statistica descrittiva del contributo dei cluster, espresso come percentuale del valore totale di GWP

	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER
Media	100	34	7	7	39	14
Min	100	21	3	2	33	5
Max	100	47	13	13	52	21
DS	0	6	2	3	5	3

Tabella 12. Composizione analitica media del Grana Padano DOP e dei co-prodotti

Product	Massa, kg/year	Massa, %	Proteine, %	Grasso, %	Sostanza secca, %	Energia (Kcal/100g)
Grana Padano DOP	2.22E+06	7%	33	29	68	398
Siero	2.61E+07	88%	0.13	0.1	7	27
Panna	1.42E+06	5%	2.5	31.47	29	337

Tabella 13. Fattore di allocazione per il Grana Padano DOP e co-prodotti

Prodotto	AF-GP, %	FA-SS, %	FA-E, %	FA-P, %
Grana Padano DOP	70	41	43	91
Siero	3	48	34	4
Panna	27	11	23	4

Tabella 14. GWP medio della produzione di latte al cancello aziendale nello scenario medio e negli scenari analizzati, espresso come kg CO₂eq/kg FPCM

GWP, kg FPCM	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER
Medio	1.32	0.46	0.09	0.08	0.51	0.18
> Media	1.59	0.53	0.12	0.15	0.56	0.23
< Media	1.22	0.42	0.08	0.06	0.49	0.17
Peggior 10%	1.83	0.53	0.18	0.20	0.66	0.26
Miglior 10%	1.02	0.29	0.07	0.05	0.49	0.13

Tabella 15. Statistica descrittiva del GWP medio della produzione di latte al cancello aziendale nello scenario medio e negli scenari analizzati, espresso come kg CO₂eq/kg FPCM

GWP, kg FPCM	GWP	AQ	AP	CA	EE	ER	
Medio	Min	1.02	0.28	0.04	0.03	0.45	0.06
	Max	1.94	0.67	0.25	0.26	0.75	0.27
	DS	0.24	0.11	0.05	0.06	0.07	0.05
> Media	Min	1.37	0.40	0.04	0.09	0.47	0.17
	Max	1.94	0.67	0.25	0.26	0.75	0.27
	DS	0.17	0.09	0.06	0.06	0.08	0.03
< Media	Min	1.02	0.28	0.05	0.03	0.45	0.06
	Max	1.37	0.59	0.14	0.09	0.57	0.24
	DS	0.12	0.10	0.03	0.02	0.03	0.05
Peggior 10%	Min	1.73	0.40	0.10	0.15	0.58	0.24
	Max	1.94	0.67	0.25	0.26	0.75	0.27
	DS	0.14	0.19	0.11	0.08	0.12	0.02
Miglior 10%	Min	1.02	0.28	0.06	0.04	0.45	0.09
	Max	1.03	0.29	0.08	0.06	0.53	0.16
	DS	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.05

Tabella 16. GWP medio, espresso come percentuale, negli scenari analizzati

GWP, kg FPCM	Totale	AQ	AP	CA	EE	ER
Medio	100	35	6	6	39	14
> Media	100	33	8	9	35	14
< Media	100	35	7	5	41	14
Peggior 10%	100	29	10	11	36	14
Miglior 10%	100	28	7	5	48	12

Tabella 17. GWP (kg CO₂eq) nei diversi scenari di produzione del latte e con diversi fattori di allocazione per la produzione di Grana padano DOP (come produzione totale di CO₂ nell'anno per kg di prodotto)

GWP	Medio	> Media	< Media	Peggior 10%	Miglior 10%
Caseificio			2.80E+06		
Latte alla stalla	5.13E+07	6.16E+07	4.73E+07	7.13E+07	3.98E+07
GP DOP totale; FA-GP	3.79E+07	4.51E+07	3.51E+07	5.18E+07	2.98E+07
GP DOP totale; FA-SS	2.22E+07	2.64E+07	2.01E+07	2.96E+07	1.70E+07
GP DOP totale; FA-E	2.33E+07	2.77E+07	2.16E+07	3.18E+07	1.83E+07
GP DOP totale; FA- P	4.92E+07	5.86E+07	4.56E+07	6.74E+07	3.88E+07
1 kg GP DOP; FA-GP	17.06	20.32	15.81	23.35	13.44
1 kg GP DOP; FA-SS	9.99	11.90	9.04	13.34	7.68
1 kg GP DOP; FA-E	10.48	12.48	9.71	14.34	8.25
1 kg GP DOP; FA- P	22.18	26.41	20.55	30.36	17.47

Tabella 18. Contributo della fase Agricola e della fase di caseificazione negli scenari analizzati

Share, %	Medio	> Media	< Media	Peggior 10%	Miglior 10%
Caseificio	5.2	4.3	5.6	3.8	6.6
Latte alla stalla	94.8	95.7	94.4	96.2	93.4

AZIONE 6

Divulgazione e disseminazione

Sono stati redatti 3 articoli su riviste tecniche di settore, uno pubblicato sulla rivista *Informatore Zootecnico* n. 4-2020 del 28 febbraio con titolo “Così nella realtà piacentina - L’impatto ambientale della produzione di latte, autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani.

Il secondo articolo dal titolo “Sostenibilità e impronta carbonica: conoscere e misurare per poter migliorare” è apparso sulla rivista *Professione allevatore* n. 37/2020 a firma di Luca Acerbis – giornalista e coordinatore redazionale della medesima rivista è stato prodotto in collaborazione con i dott. Giulia Ferronato e Luca Cattaneo.

Il terzo articolo, destinato alla rivista *BiancoNero* edita da Associazione Nazionale Allevatori razza Frisone Italiana e Jersey con titolo “Produrre e comunicare latte sostenibile” ed avente come autori Giulia Ferronato, Luca Cattaneo e Paolo Bani è stato sottoposto e sarà pubblicato sul prossimo numero di maggio – giugno 2020.

È stato pubblicato un articolo sul giornale “*Libertà*” in data 10 aprile 2019 dal titolo “Emissioni globali sotto i riflettori, si va verso una zootecnia sostenibile” in collaborazione con la dott.ssa Claudia Molinari, giornalista per tale testata.

Sullo stesso giornale è apparso in data 19 febbraio 2020 un articolo di presentazione del secondo convegno “Zootecnia sostenibile, due convegni in Cattolica”.

Un ulteriore articolo, previsto successivamente al convegno finale tenutosi il 21 febbraio 2020 non è stato pubblicato in quanto la redazione ha deciso di dare priorità all’emergenza Covid-19 e alle sue ripercussioni anche sul settore agro-alimentare. È prevista la sua pubblicazione non appena l’attuale situazione emergenziale sarà almeno parzialmente rientrata.

Sono stati organizzati due convegni, entrambi ospitati presso la Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali di Piacenza.

Il primo, intitolato “Produzione sostenibile del latte per Grana Padano DOP: i caseifici sociali si aggiornano”, si è tenuto il giorno 5 aprile 2019 secondo il seguente programma:

- Introduzione (Prof. Marco Trevisan, Preside della Facoltà di Scienze Agrarie, alimentari e Ambientali; Dott. Nisio Paganin, Direttore Agriform sca).
- Rilevanza della sostenibilità ambientale per la valorizzazione dei prodotti DOP: il caso del Grana Padano DOP (Dott. Nicola Cesare Baldrighi, Presidente Consorzio Tutela Grana Padano)
- La valutazione della sostenibilità ambientale della produzione di latte mediante l’approccio LCA e il progetto Agriform “OPTIGRANASOST”: finalità e protocolli operativi (Dott. Paolo Bani, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- L’impronta carbonica della produzione di latte: su quali punti critici è opportuno concentrarsi? (Dott.ssa Giulia Ferronato, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Sostenibilità e benessere animale nelle politiche della Regione Emilia Romagna (Dott.ssa Simona Caselli, Assessore regionale all’agricoltura, caccia e pesca, Regione Emilia Romagna).

Il secondo convegno, organizzato a chiusura delle attività si è tenuto il giorno 21 febbraio 2020 secondo il seguente programma:

- Presentazione del progetto (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Coniugare sostenibilità economica e ambientale nell'allevamento di bovine da latte: il ruolo dei mercati e della nuova PAC (Prof. Gabriele CANALI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Quantificazione delle emissioni di gas ad effetto serra da allevamenti di bovine da latte del piacentino e individuazione dei punti critici (Dott.ssa Giulia FERRONATO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- La stima delle emissioni di GHG attraverso uno strumento informatico di semplice utilizzo a supporto degli allevatori (Dott. Luca CATTANEO, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Alla luce dei risultati del progetto OptiGranaSost, come è possibile ridurre ulteriormente le emissioni climalteranti collegate alla produzione del latte per Grana Padano DOP? (Dott. Paolo BANI, Università Cattolica del Sacro Cuore)
- Intervento programmato Dott. Gian Maria DESENZANI, Agriform sca

Sono stati svolti due momenti di presentazione del progetto e del suo stato di svolgimento presso il Caseificio sociale S. Vittoria, in occasione di incontri organizzati sul tema del PSR in oggetto, in data 20 marzo 2019 e 19 giugno 2019.

Erano previsti due incontri formativi da svolgersi al termine delle attività presso i caseifici per l'illustrazione del software sviluppato e delle sue potenzialità di impiego pratico, temporaneamente posticipati a causa delle restrizioni insorte subito dopo il convegno finale.

È stato allestito un sito web (<https://dipartimenti.unicatt.it/diana-la-ricerca-optigranasost>) che riporta:

- informazioni relative al progetto;
- una selezione della letteratura scientifica internazionale sul tema delle emissioni e della loro quantificazione in azienda (con riassunto in italiano);
- riferimenti a materiale informativo nazionale sul medesimo tema e ad altri progetti operanti nel medesimo ambito;
- le presentazioni relative ai due convegni;
- materiale divulgativo relativo al progetto e alla tematica delle emissioni, prodotto dai ricercatori afferenti al progetto OptiGranaSost.

Tale sito rimarrà attivo e continuerà ad essere aggiornato almeno per tutto l'anno 2020.

Si ritiene quindi di avere ottemperato a tutti gli impegni assunti.

Piacenza, 27 aprile 2020