



# UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie

Corso di Laurea in Produzioni Animali Innovative e Sostenibili

## **VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA ALIMENTARE DI BOVINE DA LATTE DI RAZZA REGGIANA IN DIVERSE CONDIZIONI CLIMATICHE**

**FEED EFFICIENCY EVALUATION OF REGGIANA DAIRY COWS UNDER  
DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Federico Righi

Correlatori:

Dott. Rosario Pitino

Dott.ssa Giorgia Mantovani

Laureanda:  
Giorgia Carone

Anno Accademico 2022-2023



# Sommario

<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITOLO 1: STORIA DELLA RAZZA E INDICI DI SELEZIONE</b>	
<b>La razza Rossa Reggiana .....</b>	<b>8</b>
Storia della razza e consistenza della popolazione.....	8
Caratteri morfologici.....	10
Caratteristiche produttive .....	11
Il valore della biodiversità: il progetto Dual Breeding.....	12
Programma di selezione genetica della razza .....	12
Indice Formaggio Parmigiano Reggiano.....	14
Somatic Cell Score .....	14
Fertilità nella razza: il parametro parto-concepimento .....	16
Longevità .....	17
Indice duplice attitudine .....	18
<b>CAPITOLO 2: SOSTENIBILITÀ</b>	
<b>Introduzione alla sostenibilità .....</b>	<b>23</b>
<b>Impatto ambientale del settore alimentare .....</b>	<b>24</b>
Migliorare l'efficienza con un corretto razionamento .....	26
Efficienza alimentare della bovina da latte.....	29
Efficienza azotata.....	31
Nuove tecnologie applicate al sistema di razionamento.....	33
<b>CAPITOLO 3: STAGIONALITÀ</b>	
<b>Stagioni e cambiamento climatico .....</b>	<b>36</b>
<b>Temperatura dell'ambiente di allevamento.....</b>	<b>36</b>
Comportamento della vacca in stress da caldo.....	37
<b>Gestione dell'alimentazione .....</b>	<b>38</b>
L'acqua di bevanda .....	38
Concentrati e foraggi .....	39
Additivi alimentari .....	40
Probiotici.....	40
Tamponi ruminali.....	41
Vitamine e minerali antiossidanti .....	42
Appetibilizzanti e aromi .....	44

## **CAPITOLO 4: CONTRIBUTO SPERIMENTALE**

<b>Introduzione.....</b>	<b>47</b>
<b>Materiali e metodi .....</b>	<b>48</b>
Campionamenti .....	49
Analisi chimico-nutrizionali .....	50
Analisi statistica .....	52
<b>Risultati e discussione .....</b>	<b>53</b>
Caratteristiche della popolazione bovina studiata.....	53
Composizione delle diete .....	53
Efficienza produttiva.....	56
Parametri di efficienza alimentare e componenti della dieta.....	57
Condizioni climatiche ed alimentazione .....	60
Componenti della dieta ed emissioni .....	61
Amido.....	62
Frazioni fibrose.....	63
Apporto proteico .....	65
<b>Conclusioni .....</b>	<b>66</b>
<b><i>Bibliografia</i> .....</b>	<b>68</b>

## **Abstract**

The aim of the project was to identify the chemical and nutritional parameters of the diets fed to Reggiana dairy breed capable to optimize their productivity while reducing their environmental impact. In this regard, samples of forage and feed constituting the rations of 9 herds, whose quantitative-qualitative productivity was also determined, were analysed. The rations were reconstructed using dynamic rationing software capable of estimating the production of greenhouse gases and the main excretions impacting the environment. The composition parameters, the physical characteristics and the estimated digestibility of the ration were related to the productivity in qualitative and quantitative terms through simple regressions, to identify adequate ration composition ranges for lactating Reggiana breed cows, in order to maximize production efficiency. Particular emphasis was placed on the efficiency of nitrogen use and the influence of the nutritional components of the diet on the greenhouse gas emissions estimated in this breed. The protein and starch levels should be 15% and 20% respectively, because at these values the greatest production and environmental efficiency is achieved. The increase in NDF and the F:C ratio determine a decrease in ECM and an estimated increase in greenhouse gas emissions, so it is advisable to keep these values limited. No significant effect was identified regarding season.

## **Riassunto**

Lo scopo del progetto è stato quello di individuare i parametri chimici e nutrizionali delle diete somministrate alle bovine di razza Reggiana capaci di ottimizzarne la produttività riducendone l'impatto ambientale. A tal proposito sono stati analizzati i campioni di foraggi e alimenti costituenti le razioni di 9 mandrie delle quali è stata determinata anche la produttività quantitativa. Le razioni sono state ricostruite attraverso un software di razionamento dinamico in grado di stimare la produzione di gas serra e le principali escrezioni impattanti sull'ambiente. I parametri di composizione, le caratteristiche fisiche e la digeribilità stimata della razione sono stati messi in relazione con la produttività in termini quali-quantitativi attraverso regressioni semplici per individuare range di composizione della razione adeguati per le bovine di razza Reggiana in lattazione, al fine di massimizzarne l'efficienza produttiva. Particolare enfasi è stata posta sull'efficienza di utilizzo dell'azoto e sull'influenza delle componenti nutrizionali della dieta sulle emissioni di gas serra stimati in questa razza.

I livelli di proteina e di amido dovrebbero essere rispettivamente 15% e 20%, perché a tali valori si raggiunge la maggior efficienza produttiva ed ambientale. L'aumento dell'NDF e del rapporto F:C determinano una diminuzione dell'ECM ed un aumento stimato della emissione di gas serra, per cui si consiglia di mantenere limitati questi valori. Nessun effetto significativo è stato individuato relativamente alla stagione.

**CAPITOLO 1:**  
**STORIA DELLA RAZZA**  
**E INDICI DI SELEZIONE**

# La razza Rossa Reggiana

## Storia della razza e consistenza della popolazione

La Reggiana è una razza bovina autoctona dell'Italia settentrionale.

Probabilmente gli antenati di questi soggetti giunsero assieme ai Longobardi a seguito delle invasioni barbariche dalla Russia meridionale e dalla Pannonia, attuale Ungheria, all'incirca dopo la metà del 500. Vennero incrociate con le razze locali e utilizzate nei secoli come animali a triplice attitudine: latte, carne e lavoro. Il loro allevamento, dato le caratteristiche di rusticità e longevità, si diffuse velocemente e permase a lungo in tutto il territorio del Centro e Nord Italia (Lucarini, 2021).

All'incirca nel XII secolo il loro latte, dalle ottime proprietà reologiche, iniziò a essere caseificato dai monaci Benedettini per la produzione di un formaggio a pasta dura, evolutosi nel tempo in un formaggio d'eccellenza italiana, il Parmigiano Reggiano (vedi nota 1 a pagina 7).

La popolazione di razza Reggiana raggiunse la massima consistenza nel 1954. Tuttavia, la rivoluzione apportata dal cambiamento della metodologia di allevamento e le ingenti richieste di prodotti di origine animale del dopoguerra portarono al graduale abbandono della razza in purezza che venne utilizzata in incrocio con le razze cosmopolite più produttive.



*Figura 1 - Vacca di 7 anni di razza Reggiana a un concorso dei primi anni del Novecento. L'animale è di proprietà dell'allevamento Fratelli Bonini di Castelnuovo di Sotto (provincia di Reggio Emilia). L'immagine è di proprietà dell'associazione allevatori bovini di razza Reggiana. Dalla fotografia si può notare, confrontandola con la vacca vincitrice del premio Bue Grasso 2023 (figura 2), quanto la conformazione e la morfologia sia cambiata minimamente negli anni; cosa non avvenuta, invece, in alcune delle razze cosmopolite, più intensamente selezionate, come ad esempio la Frisone Italiana.*





Figura 2 - Campionessa 2023 della categoria "Vacche mature" (per le bovine di più di 5 anni) nel corso della manifestazione che premia la miglior vacca di razza Reggiana, la "Fiera del Bue Grasso" di Cavriago. La bovina appartiene ad un'Azienda agricola di Gattatico, in provincia di Reggio Emilia (Emilia Romagna, Italia) (ANaBoRaRe.).

Alla fine del XX secolo il numero di capi raggiunse il suo minimo storico, con meno di mille soggetti censiti (ANaBoRaRe, 2023). Ad oggi la consistenza della popolazione si aggira attorno ai 5.453 capi (tabella 1) (Anagrafe Nazionale Bovina, IZS Teramo, Ministero della Salute, 2023) presenti in 108 allevamenti (dati ANaBoRaRe, 2023).

RAZZA	1 - DA 0 A 6 MESI	2 - DA 6 A 12 MESI	3 - DA 12 A 24 MESI	4 - OLTRE 24 MESI	TOTALE	PERCENTUALE*
	TOTALE CAPI	TOTALE CAPI	TOTALE CAPI	TOTALE CAPI	TOTALE CAPI	
BRUNA	12,963	9,757	18,173	77,341	118,234	2.00
FRISONA	405,984	242,680	435,012	1,219,785	2,303,461	38.87
PEZZATA ROSSA ITALIANA	19,806	13,889	21,747	86,667	142,109	2.40
BIANCA VAL PADANA / MODENESE	276	164	329	796	1,565	0.03
REGGIANA	829	508	870	3,246	5,453	0.09
MODICANA	1,043	441	1,006	4,020	6,510	0.11
RENDENA	1,066	620	1,028	4,262	6,976	0.12
GRIGIO ALPINA	3,462	2,594	4,155	16,097	26,308	0.44
JERSEY	1,588	1,374	2,513	7,881	13,356	0.23
VARZESE / TORTONESE / OTTONESE	120	105	166	504	895	0.02
CINISARA	1,156	469	1,101	4,546	7,272	0.12
<b>Totali</b>	<b>1,024,083</b>	<b>711,291</b>	<b>1,369,930</b>	<b>2,820,900</b>	<b>5,926,204</b>	

\*) indica la percentuale della consistenza della razza sul totale dei capi

Tabella 1 – Indicazione della **consistenza della popolazione zootecnica** suddivisa per razza. La razza Reggiana costituisce lo 0,092% del patrimonio zootecnico bovino italiano. Il 92,17% delle Reggiane è allevato in Emilia-Romagna (Anagrafe Nazionale Bovina, IZS Teramo, Ministero della Salute, 2023).

L'Associazione Nazionale Allevatori Bovini di Razza Reggiana (ANaBoRaRe) nasce nel novembre 1956, a seguito del riconoscimento del Dpr n. 997 del 16 Maggio 1962. Il libro genealogico della

razza Rossa Reggiana, importante strumento di selezione genetica e di monitoraggio della consanguineità, viene istituito solo nel 1996 con il Dm n. 21838 (ANaBoRaRe).

Per molti anni difatti, per questa razza, non è stata fatta una selezione finalizzata ad affermare un determinato orientamento produttivo e solo di recente si è iniziato ad operare un'accurata scelta degli animali in base alla produzione quali-quantitativa di latte. Nel 2002 è stato istituito un programma di miglioramento genetico che prevede la predisposizione di piani di accoppiamento mirati a limitare i livelli di consanguineità fra gli individui e il miglioramento della qualità della produzione, quest'ultimo carattere viene valutato con l' "Indice Formaggio Parmigiano Reggiano" (IFPR; ANaBoRaRe).

### **Caratteri morfologici**

La Reggiana è una razza non specializzata, ma ad attitudine prettamente da latte. Gli esemplari sono di taglia medio-piccola: le femmine pesano all'incirca 650-700 kg e misurano fra i 140-145 cm in altezza, mentre i maschi adulti possono arrivare a pesare dai 9 ai 10 quintali e raggiungere i 145-155 cm al garrese (Bigi & Zanon, 2008). I bovini di razza Reggiana hanno una corporatura piuttosto massiccia, un tronco allungato, arti corti e robusti, testa larga e massa muscolare piuttosto abbondante. Quest'ultimo attributo la rende superiore alle altre razze da latte dal punto di vista commerciale poiché la carcassa è di miglior qualità e la resa è maggiore (Bigi & Zanon, 2008; Lucarini, 2021).

Lo standard di razza prevede che gli animali abbiano mantello fromentino, corto, lucido e privo di pezzature di fatti quelli che le presentano andrebbero esclusi dal Libro Genealogico, in quanto non conformi (Bigi & Zanon, 2008). Per quanto riguarda la colorazione, circa l'81,7% degli animali presenta il classico colore fromentino privo di pezzature. La pigmentazione può essere più o meno tenue, con lievi variazioni di intensità sugli arti e sulla testa. La tonalità definita "scura" costituisce il 9,8% della popolazione fromentina, mentre quella "chiara" è meno frequente e rappresenta il 7,8% della popolazione censita dallo studio di ANaBoRaRe, condotto mediante la raccolta dati e l'analisi genomica dei caratteri morfologici e fenotipici delle bovine iscritte al Libro Genealogico (ANaBoRaRe).

Il musello e le mucose apparenti sono di colore rosa chiaro e così anche il contorno degli occhi, la lingua, la pelle e la mammella. Generalmente gli individui, sia maschi che femmine, se non sottoposti a decornazione, presentano corna a sezione ellittica dal color avorio con punta più scura (nera, color ardesia o marrone), rivolte verso l'alto e leggermente in avanti. Anche gli

unghielli sono rosso scuro o nero, in armonia con il mantello, solidi e ben sviluppati (Bigi & Zanon, 2008).

Dal 73,5% al 96,7% degli animali non presenta difetti morfologici a carico della groppa, degli arti, dei piedi e della mammella. Nonostante questo, il difetto morfologico più frequente per quanto riguarda la mammella è il capezzolo sovranumerario, che si presenta nel 30,2% delle bovine (ANaBoRaRe).



Figura 3 – In foto viene evidenziata la presenza di due **capezzoli sovranumerari** sui quarti posteriori di una bovina Reggiana. Questo difetto della mammella è il più frequente all'interno della popolazione (foto di ANaBoRaRe).

## Caratteristiche produttive

La classificazione eseguita in fase di studio, da parte dell'ANaBoRaRe (resoconto del 2023), sulla popolazione delle bovine Reggiane riguardo a BCS e muscolosità della carcassa, indica che i soggetti presentano una struttura e una conformazione tipica degli animali a duplice attitudine, ma per lo più orientata verso la produzione di latte (ANaBoRaRe, 2023).

Mediamente la produzione per lattazione di una vacca di razza Reggiana si aggira attorno ai 6134 kg di latte con il 3,68% di grasso e il 3,41% di proteine (tabella 2), sebbene le vacche più produttive possano raggiungere una media di 10985 kg di produzione con circa il 4% di grasso e il 3,4% di proteine medi (tabella 5 a pagina 13).

RAZZA	PRIMIPARE								SECONDIPARE								TOTALE							
	N.		LATTE		%GRAS.		%PROTE.		N.		LATTE		%GRAS.		%PROTE.		N.		LATTE		%GRAS.		%PROTE.	
	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$		
Bruna	13,258	7,047	1,689	24.0	4.12	0.50	3.63	0.36	10,597	7,921	2,089	26.4	4.08	0.51	3.63	0.37	43,681	7,764	2,103	27.1	4.08	0.53	3.60	0.27
Frisona Italiana	273,121	9,536	1,898	19.9	3.91	0.56	3.38	0.29	208,740	10,879	2,376	21.8	3.87	0.63	3.36	0.28	740,243	10,396	2,357	22.7	3.88	0.60	3.34	0.29
Pezzata Rossa Italiana	12,487	6,792	1,712	25.2	3.99	0.51	3.44	0.29	10,388	7,467	2,050	27.5	3.93	0.54	3.45	0.25	44,595	7,304	2,031	27.8	3.93	0.55	3.41	0.31
Modenese	105	4,084	1,123	27.5	3.52	0.50	3.55	0.34	84	4,892	1,516	31.0	3.43	0.44	3.47	0.22	330	4,562	1,504	33.0	3.45	0.47	3.44	0.35
Reggiana	588	5,583	1,479	26.5	3.68	0.53	3.48	0.30	479	6,210	1,745	28.1	3.66	0.58	3.41	0.33	2,126	6,134	1,751	28.6	3.68	0.54	3.41	0.33
Modicana	72	2,590	801	30.9	3.85	0.66	3.54	0.24	96	2,816	775	27.5	3.72	0.63	3.55	0.26	425	2,922	874	29.9	3.71	0.63	3.53	0.31
Rendena	698	5,200	1,358	26.1	3.63	0.43	3.32	0.25	626	5,698	1,618	28.4	3.60	0.41	3.28	0.32	2,785	5,708	1,611	28.2	3.57	0.38	3.27	0.26
Grigio Alpina	1,717	4,515	1,125	24.9	3.89	0.43	3.42	0.36	1,471	5,177	1,299	25.1	3.79	0.44	3.37	0.33	6,955	5,176	1,409	27.2	3.79	0.47	3.35	0.29
Jersey	1,649	6,395	1,450	22.7	4.90	0.67	3.91	0.33	1,174	7,006	1,735	24.8	4.98	0.74	3.95	0.35	4,588	6,787	1,669	24.6	4.95	0.69	3.93	0.39
Varzese o Ottonese o Tortonese	5	1,631	549	33.7	3.45	0.58	3.34	0.42	1	2,569							13	1,713	1,409	82.3	3.96	1.11	3.42	0.42
Cinisara	43	3,284	744	22.7	3.43	0.58	3.36	0.36	46	3,137	869	27.7	3.47	0.66	3.33	0.39	194	3,444	830	24.1	3.53	0.62	3.35	0.37

Tabella 2 – Descrizione della **produzione media in termini di kg di latte per vacca corretti a 305 giorni di produzione**.

I dati riportati sono stati ricavati dal bollettino online dell'Associazione Italiana Allevatori, relativamente all'analisi dei controlli funzionali degli anni 2021 e 2022 (Aia, 2023).

Il latte della Reggiana è interamente destinato alla produzione del *Parmigiano Reggiano*<sup>1</sup> “Vacche Rosse”, date le sue interessanti proprietà di caseificazione. Nel 2019 la produzione totale di forme di Parmigiano Reggiano è stata di 3754193; di queste solo 20786 sono state prodotte con latte di bovine di Razza Reggiana, ovvero solo lo 0,55% sul totale (ANaBoRaRe, s.d.).

### **Il valore della biodiversità: il progetto Dual Breeding**

La domanda per il progetto “Dual Breeding” fu presentata nel 2017 e prevedeva un programma riguardante: la conservazione e la tutela della biodiversità, il miglioramento delle condizioni di benessere, la riduzione dell’impatto ambientale per miglior efficienza alimentare e riproduttiva e la maggior resistenza alle malattie degli animali sottoposti a selezione. Il progetto coinvolge 16 razze autoctone italiane a duplice dal forte legame con il territorio che si sono evolute nel corso degli anni in perfetto equilibrio con l’ecosistema in cui vengono allevate, rappresentano pertanto un’importante riserva di variabilità genetica per tutta la specie bovina ([www.dualbreeding.com](http://www.dualbreeding.com)). In quanto razze a limitata diffusione, sono state riscontrate diverse problematiche soprattutto legate alla consanguineità dovuta all’elevato grado di parentela nei soggetti in riproduzione (Schiavo et al., 2022; Charlesworth & Willis, 2009). Il progetto prevede quindi di conoscere il livello di consanguineità della popolazione censita, da pedigree e da analisi genomica per preservare la diversità genetica.

### **Programma di selezione genetica della razza**

Per la messa a punto di un piano di miglioramento genetico è essenziale definire l’obiettivo di selezione, individuare i caratteri che si vogliono migliorare e il peso che ciascuno di essi avrà nell’indice di selezione che si vuole mettere a punto.

Il fenotipo non è determinato esclusivamente dal genotipo, ma ci sono una serie di altri fattori che sono in grado di influenzarne l’espressione. Questi vengono definiti come “E” o “environment” e i più importanti sono: alimentazione, gestione manageriale, tipologia di ambiente di allevamento, benessere animale e condizioni climatiche (Rossiter, 1996).

---

<sup>1</sup> La zona di produzione del Parmigiano Reggiano comprende le province di Reggio Emilia, Parma, Modena, Bologna alla sinistra del fiume Reno e Mantova alla destra del fiume Po.

La produzione in kg di formaggio nell’anno 2022, secondo i dati dell’Associazione Allevatori, corrisponde a 350.956 forme prodotte sino a gennaio 2023, ma solo una percentuale di questa è prodotta con latte di vacca Reggiana (Consorzio Parmigiano Reggiano, 2023).

L'alimentazione, in primis, offre un supporto molto importante all'espressione della potenzialità genetica (Sutton, 1989).

PERIODO PARTO- CONCEPIM. GG.	LUNGHEZ. LATTAZ. EFFETTIVA GG.	PRODUZIONE LATTAZIONE CONVEZIONALE			ETA' AL PARTO		N. LATTAZIONE
		Latte KG.	Grasso %	Proteine KG.	A	M	
<b>Provincia di Parma</b>							
95	300	13,819	3.27	480	3	5	2
110	340	13,378	3.44	458	4	2	3
210	383	9,447	3.42	379	3	2	2
97	325	9,423	3.02	354	3	6	2
122	366	9,028	4.94	350	3	5	2
<b>Provincia di Reggio Emilia</b>							
202	347	12,233	4.40	424	6	7	4
128	352	14,754	3.44	422	5		3
122	352	12,048	4.23	414	5	6	4
150	347	11,643	4.08	402	6	7	4
74	284	11,469	3.63	390	5	8	4
118	303	10,198	3.48	372	3	8	2
72	237	11,093	3.83	365	3	8	2
99	358	9,986	3.42	362	6	11	5
102	303	10,599	3.69	361	5	10	4
180	285	11,213	3.81	360	4	5	3
165	377	9,121	4.70	357	2	6	1
85	304	10,562	3.88	357	5	11	4
89	308	10,793	3.11	357	8	0	6
95	295	10,268	3.97	351	11	1	9
91	288	10,122	5.14	350	3	9	2
<b>Provincia di Modena</b>							
103	355	12,254	3.07	367	7	3	6
171	388	10,295	3.85	365	4	5	3
88	328	10,138	3.43	338	4	8	2
71	295	11,224	3.88	338	5	3	3
235	348	9,509	3.68	332	5	1	4

Tabella 3 – La tabella riporta la **graduatoria delle migliori lattifere** di razza Reggiana suddivisa per province, relativamente all'anno 2021/2022 (Aia, 2023). Nella provincia di Reggio Emilia sono allevate 3.770 bovine di razza Reggiana, corrispondenti al 69,14% del totale (3770 su 5453) (Anagrafe Nazionale Bovina, IZS Teramo, Ministero della Salute, 2023).

La ricerca genetica in passato si è focalizzata sulla selezione di geni con influenza sulle caratteristiche produttive di tipo quantitativo, e in secondo luogo su quelle di tipo qualitativo; ecco il perché dell'ampia diffusione delle razze monoattitudinali capaci di elevate produzioni, ma dalla qualità meno idonea alla caseificazione (Bigi & Zanon, 2008).

Nella Reggiana, tuttavia, quello che viene premiato all'allevatore non è la produzione di latte in termini di quantità, bensì i kg di formaggio prodotto con tale latte, o più semplicemente la resa di quest'ultimo in formaggio. Quando parliamo di latte da caseificare quello che incide sulla resa in formaggio è il contenuto di grasso e proteina (Summer, et al., 2004). Il latte di Reggiana si

caratterizza per avere un coagulo migliore rispetto a quello della Frisona Italiana per consistenza ed elasticità. Per questo motivo, se sottoposto a caseificazione rende una cagliata con migliori caratteristiche reologiche e un coagulo più forte e idoneo alla trasformazione (Mariani, 1985).

## **Indice Formaggio Parmigiano Reggiano**

L'Indice Formaggio Parmigiano Reggiano (IFPR) è un indice composto che ha l'obiettivo di selezionare bovini il cui latte avrà caratteristiche reologiche migliori, in termini di contenuto di grasso e proteine percentuali. Questo comprende i caratteri di selezione: IGL, per il quantitativo di latte espresso in kg; IGGP, per il contenuto percentuale di proteine; e in maniera indiretta anche gli indici IGPK, per il contenuto di proteine espresso in kg e IGGK, per i kg di grasso (ANaBoRaRe).

Attualmente, la produzione media di latte nella razza Reggiana è di  $6134 \pm 1751$  kg per lattazione, con un tenore in grasso percentuale di  $3,68 \pm 0,54$  e proteine percentuali  $3,41 \pm 0,33$  (Associazione Italiana Allevatori - Aia, 2023) (tabella 2).

I valori di k-caseina nel latte di bovine di razza Reggiana sono circa il 13% in più rispetto alle bovine di razza Frisona Italiana (Mariani & Russo, 1970; Mariani & Russo, 1976). La variante allelica della k-caseina più frequente nelle bovine di razza Reggiana è la B (ANaBoRaRe), associata alla formazione di sistemi più uniformi composti da micelle dalle dimensioni più ridotte (Morini, et al., 1975).

Anche per quanto riguarda la  $\beta$ -caseina, quella che risulta essere più idonea alla caseificazione è la variante B, la quale presenta una frequenza maggiore nella Reggiana, piuttosto che nella Frisona Italiana. Tuttavia, la variante più presente nella popolazione della razza Reggiana è la variante di tipo A (ANaBoRaRe), la quale ha dimostrato avere aspetti benefici importanti sulla salute umana ([www.razzareggiana.it](http://www.razzareggiana.it)).

L'aplotipo, ossia la combinazione delle varianti di k e  $\beta$ -caseina, più frequente nella Reggiana è data da  $\beta$ -caseina A2 e k-caseina B che è presente nel 40,71% della popolazione, seguita dall'aplotipo  $\beta$ -A2/k-A appartenente al 21,78% della popolazione (ANaBoRaRe).

## **Somatic Cell Score**

Questo carattere di selezione è rappresentativo della salute della mammella e può fungere da valore predittivo per la capacità della bovina di rispondere agli agenti patogeni che potrebbero infettare la ghiandola mammaria, provocando infezioni e mastiti. Questo valore, infatti, è legato

alla quantità di leucociti e cellule di sfaldamento dell'epitelio mammario che aumentano considerevolmente nel caso di infezioni a carico della mammella (Cevolani, 2021).

Per valutare questo carattere, tuttavia, bisogna comprendere il ruolo dell'ambiente e della gestione degli animali, in termini di condizioni igienico-sanitarie per riuscire a considerare esclusivamente la componente genetica ereditaria.

Le cause dell'aumento di questo score, infatti, possono essere diverse, prima fra tutte la causa gestionale. Questa comprende:

- Gestione dell'impianto (le guaine del gruppo di mungitura dovrebbero essere sempre nelle condizioni ottimali per garantire la perfetta aderenza della guaina al capezzolo e quindi la corretta azione delle variazioni di vuoto)
- Gestione delle operazioni di mungitura, le quali devono essere condotte con la massima attenzione per l'igiene
- Gestione dei gruppi alimentari e dell'alimentazione. Risulta deleterio per gli animali il cambiamento repentino della composizione della dieta e della sua qualità (fieni ammuffiti o alimenti mal conservati aumentano l'incidenza di mastiti), oltre alle condizioni ambientali sfavorevoli (dal punto di vista strutturale e del comfort termico).

Un'altra causa di aumento dello SCS è legata a fattori intrinseci, quali: l'età, lo stadio di lattazione, lo stato del sistema immunitario e la condizione ormonale. Un aumento dello SCS è considerato fisiologico subito dopo il parto, per l'incremento delle difese immunitarie, e in tarda lattazione per via dello stress del tessuto mammario.

Intervenire rapidamente sulle cause permette sicuramente di arginare il peggioramento delle caratteristiche qualitative del latte. La gestione alimentare può senz'altro coadiuvare le azioni manageriali, di gestione degli ambienti e della mungitura (Cevolani, 2021). Oltre agli accorgimenti di somministrare diete sempre bilanciate con alimenti di buona qualità e di sopperire ai fabbisogni degli animali in modo da arginare il più possibile le dismetabolie, vi è la possibilità di fornire, ai gruppi più suscettibili o in caso si abbia una mandria con una SCS più elevata del normale, un'integrazione vitaminica e minerale supplementare (Leblanc, 2023).

La letteratura suggerisce di stimolare il sistema immunitario mediante la somministrazione di vitamina C, E ed A (Bernabucci, 2020) e proteggere l'epitelio con selenio (Lallemand, 2007), zinco e biotina (Cevolani, 2021).

Le modificazioni alle componenti del latte apportate da un aumento delle cellule somatiche comportano, oltre a un calo di produzione, anche a un peggioramento dell'attitudine alla caseificazione, la manifestazione di difetti precoci e tardivi della forma e maggiori perdite a carico della componente grassa e proteica nella ragione in cui gli enzimi rilasciati dalle cellule lisate ne promuovono la degradazione (Del Prato, 2001).

I dati pervenuti all'Associazione Allevatori, e che hanno permesso l'inserimento di questo carattere all'interno del programma di selezione, derivano dai controlli funzionali effettuati sulle bovine Reggiane a partire dal 1999 (ANaBoRaRe).

### **Fertilità nella razza: il parametro parto-concepimento**

L'intervallo "P-C" è un carattere che riflette la facilità con cui una bovina è in grado di concepire dopo ciascun parto. L'intervallo parto-concepimento è, infatti, il periodo di tempo che intercorre fra il parto e il primo servizio di fecondazione utile a ottenere una gravidanza (De Rensis & Marconi, 1999).

Questo indice di selezione mira a diminuire la difficoltà di concepimento e aumentare il numero di gravidanze per carriera produttiva (ANaBoRaRe). ANaBoRaRe si impegna a migliorare questo parametro di selezione in quanto strettamente correlato con la longevità (permanenza dell'animale in allevamento).

Uno studio ha posto a confronto la fertilità nella razza Reggiana con la fertilità nella Frisone Italiana. È emerso che la Reggiana presenta delle performance migliori con un intervallo parto prima inseminazione utile di  $86,50 \pm 2,37$  giorni rispetto ai  $97,37 \pm 3,04$  della Frisone Italiana, un intervallo parto concepimento di  $107,48 \pm 3,33$  giorni rispetto ai  $126,28 \pm 4,28$  nella Frisone ed un interparto di  $387,23 \pm 61,97$  giorni rispetto a  $417,64 \pm 78,31$  nella Frisone (Pizzi et al., 2003).

La miglior fertilità delle Reggiane potrebbe trovare riscontro, non solo nel fattore genetico, ma anche nella tipologia di alimentazione che viene loro fornita. Quando la stagione lo consente il Disciplinare di Produzione impone di alimentare le Reggiane con sfalci di erba verde ed eventualmente (quando il piano colturale aziendale è costituito per almeno il 60% di erba medica) con trinciato di mais alla maturazione latteo-cerosa (di origine 100% aziendale), somministrati immediatamente dopo la raccolta per evitare fermentazioni che potrebbero comportare la contaminazione del latte con agenti microbici alterativi della forma in maturazione ([www.consorziovaccherosse.it](http://www.consorziovaccherosse.it)). Questi alimenti che contengono abbondanti quantità di



vitamine di tipo E, C e carotenoidi sono associati positivamente al miglioramento delle performance riproduttive (Bernabucci, 2020; Rode et al., 1990).

Il piano alimentare deve essere gestito sempre al meglio per evitare delle carenze energetiche. Lo squilibrio energetico, infatti, è una delle prime cause di ipofertilità. Questa è dovuta a un peggioramento della qualità degli ovuli e della scarsa produzione ormonale che si traduce in un follicolo dominante di dimensioni ridotte, in un mancato scoppio del follicolo per insufficiente altezza del picco di LH (De Rensis & Scaramuzzi, 2003) e in un aumento delle perdite di gravidanza in fase precoce legate alla luteolisi che determina la diminuzione della produzione della prostaglandina  $2\alpha$  (Britt & Stevenson, 2017; Del Piero, 2001).

## Longevità

La longevità è strettamente correlata all'efficienza, produttiva e riproduttiva, alla resistenza alle malattie e dunque alla salute dell'animale. Questo perché un animale sano produce un latte di qualità, è fertile ed efficiente e dunque potrà permanere in allevamento per un periodo di tempo più lungo garantendo un maggior reddito per l'allevatore (Bagnato & Maltecca, 2003).

La longevità è un parametro di nuova introduzione nella Reggiana ed è molto importante dal punto di vista della selezione, sebbene sia un carattere a bassa ereditabilità perché influenzato da innumerevoli fattori. Il suo valore si trova di solito fra 0,01 e 0,30, in base al modello utilizzato per lo studio. Una bassa longevità è indice di un più alto tasso di riforma che di conseguenza porta a maggiori costi per la rimonta interna, fra cui quelli di mantenimento (Hu et al., 2021; Garnsworthy, 2004).

Se considerassimo l'impatto ambientale, in termini di *GHG*<sup>2</sup> e utilizzassimo come unità di misura i kg di latte prodotti di una primipara, questo sarebbe sicuramente più elevato di quello di una bovina alla seconda lattazione. Alcuni studi condotti su individui di razza Frisona, infatti, riportano che si ha una riduzione di gas a effetto serra pari a 0,11 kg di CO<sub>2</sub>-e/kg *FPCM*<sup>3</sup>, dovuta alla superiore produzione di latte delle vacche multipare rispetto alle primipare corrispondente a +22-27% (Siewert et al., 2019). Infatti, quando la produzione di latte aumenta del 10% si ottiene una riduzione di 0,062 kg CO<sub>2</sub>-e/kg *FPCM* (Lorenz et al., 2019). In conclusione, un animale più

---

<sup>2</sup> L'acronimo GHG indica i GreenHouse Gases, gas a effetto clima-alterante. Gli allevamenti producono principalmente CH<sub>4</sub> (metano), CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) e N<sub>2</sub>O (protossido di azoto). L'impatto ambientale di questi gas è differente, per cui al fine di renderli paragonabili si usa come unità di misura il termine CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-e) (Moran & Wall, 2011).

<sup>3</sup> Fat Protein Corrected Milk

longevo è un animale che costa meno all'allevatore e proporzionalmente impatta meno sull'ambiente.

RAZZA	PRIMIPARE								TERZIPARE									
	N.	LATTE			% GRAS.		% PROTE.			N.	LATTE			% GRAS.		% PROTE.		
		$\bar{x}$	$\pm \sigma$	% C.V.	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$		$\bar{x}$	$\pm \sigma$	% C.V.	$\bar{x}$	$\pm \sigma$	$\bar{x}$	$\pm \sigma$
Reggiana	588	5,583	1,479	26.5	3.68	0.53	3.48	0.30		1,059	6,405	1,822	28.5	3.68	0.51	3.38	0.24	

Tabella 4 - Nella razza Reggiana si ha una **differenza produttiva** fra primipare e terzipare di 882 kg di latte medi (Aia, 2023).

Uno studio dell'Università di Milano ha rilevato che la Reggiana presenta una maggior longevità, se confrontata con la Frisona Italiana. La vita produttiva della Reggiana è di circa 15 mesi in più, il tasso di rimonta è del 20,4% (rispetto al 27,3% della Frisona Italiana) e la media è di un parto in più per carriera produttiva (Pizzi et al., 2003).

La selezione per il tratto longevità verrà senz'altro migliorata attraverso la selezione indiretta dei caratteri in correlazione genetica con la longevità (fertilità, produttività, resistenza alle malattie, efficienza alimentare) e mediante la moderna tecnologia di selezione del genoma (Hu et al., 2021; Bigi & Zanon, 2008).

### Indice duplice attitudine

L'indice duplice attitudine ideato per la Reggiana nasce con l'intento di preservare i caratteri tipici di questa razza, in quanto nasce come razza a duplice attitudine (ANaBoRaRe).

Selezionare contemporaneamente per il carattere carne e per il carattere latte in una razza non esclusivamente selezionata per la produzione di latte, permetterà di ammortizzare i maggiori costi produttivi che deve sostenere l'allevatore per chilogrammo di latte (Cederberg & Stadig, 2003). I costi di produzione totale in termini di euro/100 kg di latte per le vacche rosse si aggira attorno ai 75,19 euro contro i 58,21 euro delle bovine di razza Frisona Italiana allevate con metodo tradizionale in pianura. Il bilancio però è più favorevole per la Reggiana, i cui ricavi risultano essere maggiori del 41,12% (Menghi et al., 2015).

	Parmigiano Reggiano	
	Reggiana	Frisona Italiana*
	euro/100 kg di latte	
Totale costi diretti (A)	38,40	29,17
Totale costo fattori di produzione (B)	36,79	29,03
<b>Costo di produzione totale (A+B)</b>	<b>75,19</b>	<b>58,21</b>
Totale ricavi	84,75	59,77
<b>Guadagno totale</b>	<b>9,56</b>	<b>1,56</b>

\* allevamento convenzionale in pianura

Tabella 5 – La tabella indica quelli che sono i **costi produttivi totali** in termini di euro/100 kg di latte caseificato per la produzione di Parmigiano Reggiano. I **costi diretti** sono le spese che l'allevatore deve sostenere per gli input aziendali (mangimi, foraggi, farmaci, inseminazioni, carburante ed elettricità). I **costi di produzione** sono "indiretti", ovvero calcolati come le spese relative ai fattori di produzione, quali le terre, i capitali e il lavoro sottoforma di costi effettivamente sostenuti o calcolati. I **ricavi** e il guadagno non sono la medesima cosa, ossia: il **guadagno**, o profitto, è calcolato dalla differenza tra i ricavi totali e i costi totali (Menghi et al., 2015).

Lo sviluppo dell'indice duplice attitudine considera principalmente il carattere morfologico "muscolosità". Questo è molto importante dal punto di vista commerciale, in quanto su di esso si basa la valutazione commerciale della carne. Il metodo di valutazione della muscolosità della carcassa utilizzato in numerosi Paesi Europei è la griglia *SEUROP*<sup>4</sup> che descrive lo sviluppo muscolare e lo spessore di alcune masse muscolari importanti (vedi figura 7) (Bittante et al., 1993).

<sup>4</sup> L'acronimo descrive la qualità della carcassa sulla base della sua muscolosità. La valutazione si concentra sulla resa produttiva dell'animale in termini di quantitativo di carne sul peso vivo e sul valore commerciale delle carcasse.

Generalmente una carcassa con abbondante muscolosità è valutata più positivamente rispetto a una carcassa con una minore sviluppo muscolare.

La lettera "S" descrive una carcassa con abbondante tessuto muscolare, la cosiddetta doppia groppa o doppia coscia; la carcassa catalogata con la lettera "E" è una tipologia di carcassa con tessuto muscolare eccellente, profili convessi o molto convessi; la carcassa definita "U" presenta profili convessi e muscolosità abbondante; la carcassa "R" ha una qualità minore ma possiede comunque una modesta quantità di massa muscolare e profili rettilinei; la carcassa "O" ha profili concavi o medio concavi e massa muscolare scarsa, ma comunque discreta; la muscolosità di una carcassa "P" è molto scarsa, quasi inesistente e i profili sono da concavi a molto concavi (Balasini, 2002; Bittante et al., 1993).



Figura 4 - La **griglia SEUROP** classifica le carcasse bovine sulla base della loro muscolosità e quindi della loro conformazione (in ordine decrescente). Con questo strumento è possibile attestare il valore commerciale della carcassa. Questo prescinde da sesso, età, razza e categoria; ma piuttosto da conformazione e stato d'ingrassamento<sup>5</sup> (il suo valore va da 1 a 5, dove 1 è molto scarso e 5 è molto abbondante). La valutazione della muscolosità della carcassa e dello stato d'ingrassamento viene effettuata da personale specializzato (Bittante et al., 1993); (foto di Balasini, 2002).

Le valutazioni morfologiche, eseguite da ANaBoRaRe nella fase di formulazione dell'indice dal 2018 a luglio 2022, sono state condotte su 2405 animali, ma solamente 1343 animali sono stati presi in considerazione per il calcolo di alcune statistiche descrittive, in quanto solo per questa percentuale (55,84%) erano disponibili analisi genetiche. Per ottenere gli indici genetici di duplice attitudine è stato preso in considerazione il dato da pedigree di 27216 animali, nati dal 2000 in

5

Muscolosità	Stato di ingrassamento – Carcasse				
	molto magre	magre	medie	grasse	molto grasse
- (superiore)	S1	S2	(S3)	(S4)	(S5)
- molto spiccata	E1	E2	E3	(E4)	(E5)
- spiccata	U1	U2	U3	U4	(U5)
- intermedia	R1	R2	R3	R4	R5
- ridotta	O1	O2	O3	O4	O5
- molto ridotta	P1	P2	P3	P4	P5

( ) Combinazioni non presenti sul mercato.

(Bittante, Andrughetto, & Ramanzin, 1993)

poi, che possedevano genitori noti e che non erano a loro volta già indicizzati direttamente; sono stati uniti i database degli indici SEUROP con quello degli indici genetici IFPR di 34633 animali e si è ottenuta la combinazione degli indici su 30961 animali (56,25% di sesso femminile e il 43,75% di sesso maschile). Dato che mancavano, e mancano tuttora, i dati riguardanti la correlazione genetica fra il IFPR e SEUROP è stata assunta in maniera approssimativa la combinazione dei due indici con un rapporto 80:20.

L'indice duplice attitudine, così ottenuto, rappresenta la quantità di latte corretto per qualità (IFPR) e indice carne (muscolosità SEUROP). L'evoluzione dell'indice genetico porterà a una conoscenza approfondita della correlazione fra i due caratteri produttivi latte e carne (ANaBoRaRe, 2023).

## **CAPITOLO 2:** **SOSTENIBILITÀ**

## Introduzione alla sostenibilità

La popolazione mondiale sta seguendo un trend positivo di crescita che si stima possa raggiungere i 9,1 miliardi di persone. I dati della FAO indicano che entro l'anno 2050 la produzione alimentare dovrà essere implementata del 70% per sostenere le esigenze nutrizionali della popolazione mondiale (FAO, 2023).

L'obiettivo attuale è, quindi, quello di trovare un approccio più sostenibile per produrre alimenti dall'elevato valore nutrizionale e nel modo più conveniente possibile per sopperire alla richiesta globale di una popolazione in aumento (D'Agaro et al., 2021) senza, però, compromettere la salute dell'ambiente. Per farlo bisognerà, quindi, ridurre lo spreco alimentare, promuovere il cambiamento della dieta della popolazione mondiale e aumentare la produzione per singolo capo (Pulina et al., 2011).

A contribuire a tale fenomeno è anche l'incremento dei redditi individuali medi che portano il consumatore ad aumentare la percentuale di prodotti di origine animale consumati, il che si traduce in un aumento della richiesta di questi prodotti da parte del mercato. Infatti, l'aumento del consumo di alimenti di origine animale si verifica in maniera più evidente nei paesi in via di sviluppo mentre risulta essere pressoché costante nei paesi già sviluppati. Questo perché all'aumentare del reddito medio si verifica un cambiamento nella dieta della popolazione, che passa dall'essere basata principalmente sui carboidrati, ad avere un apporto maggiore di proteine (Godfray, et al., 2018). Questo fenomeno è definito come legge di Bennett ed è positivamente correlato all'urbanizzazione (Popkin, 1998).

A sostegno di questa teoria, ad oggi la quantità di calorie consumate a livello mondiale che derivano da alimenti di origine animale è del 12,9%. Nei paesi più sviluppati il bilancio rispetto alla media globale è più alto ed è pari al 20,30%. L'apporto di proteine, invece, in questi paesi si attesta attorno al 47,8%, mentre è solo il 27,9% a livello mondiale. Attualmente il consumo medio globale di carne, intesa come di diverse specie, è di 122 g/giorno pro capite e si stima essere destinato a crescere del 73% (De Corato & Cancellara, 2014). Un terzo di questo è costituito da carne di maiale e pollame, un quinto da carne bovina e la restante parte da carne di ovicaprini e altre specie (Godfray, et al., 2018). Invece, per quanto riguarda il consumo di prodotti caseari la FAO ha previsto un aumento del 58% (De Corato & Cancellara, 2014).

## Impatto ambientale del settore alimentare

Dato l'interesse crescente del consumatore rispetto alla sostenibilità dei prodotti di origine animale è in aumento, si rende necessario sottolineare gli aspetti positivi e negativi dell'avere un sistema zootecnico produttivo. Prima di tutto è importante evidenziare come i prodotti di origine animale siano essenziali dal punto di vista nutrizionale infatti apportano elementi nutritivi dall'elevato valore biologico, come aminoacidi essenziali, minerali e vitamine (Mariotti, 2017).

Allo stesso tempo, il settore agroalimentare è responsabile del 70% dei consumi idrici, dell'eutrofizzazione e della desertificazione; contribuisce, inoltre, a diversi fenomeni, quali: la deforestazione e il disboscamento (per adibire le terre a pascolo o per nuove coltivazioni), l'acidificazione del suolo, l'erosione genetica e la riduzione della biodiversità (Petterson, et al., 2021).

L'impatto ambientale imputato al settore agricolo, in realtà, si trova solo al sesto posto fra i settori maggiormente coinvolti nelle emissioni totali di GHG e la sua quota emissiva è del 7,1%, che corrisponde a 30 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti (ISPRA, 2023).

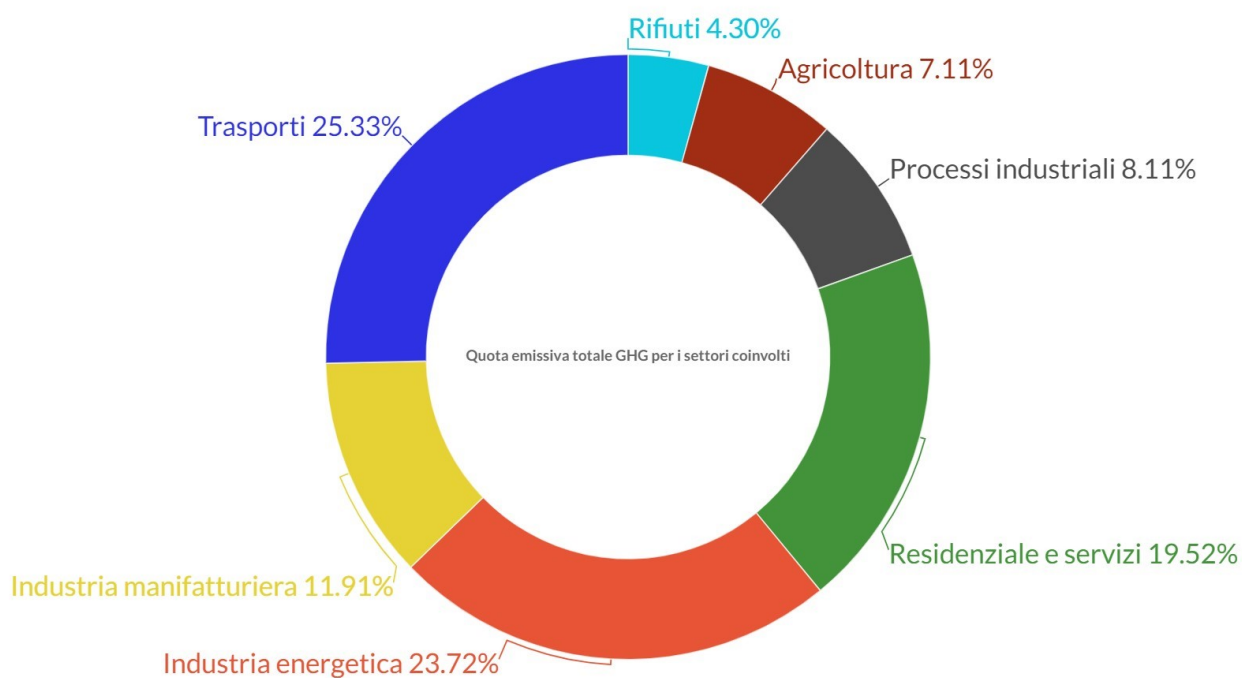


Figura 5 - Il grafico fa riferimento a dei dati ISPRA dell'anno 2021 relativamente alla **quota emissiva totale di gas ad effetto serra** per i settori coinvolti nell'analisi. Fonte: (ISPRA, 2023). L'influenza maggiore è data dall'utilizzo dei combustibili fossili (80%).



Il 64,3% della quota emissiva del settore agricolo è attribuita al metano (18.970 Mt CO<sub>2</sub> eq.), il 34,3% al protossido di azoto (10.117 Mt CO<sub>2</sub> eq.) e l'1,5% all'anidride carbonica (430 Mt CO<sub>2</sub> eq.) (ISPRA, 2023).

Le tonnellate di metano liberate in atmosfera provenienti dal settore zootecnico hanno origine dalle fermentazioni enteriche e dalla gestione delle deiezioni che concorrono alla liberazione in atmosfera di 529,63 Gg e 165,27 Gg rispettivamente corrispondenti al 69,8% e al 21,8% delle emissioni del settore (ISPRA, 2023).

L'Animal Foot Print, come definito a livello internazionale, ossia l'impronta dell'allevamento sull'ecosistema viene sempre più attenzionata dall'opinione pubblica e dagli esperti; particolarmente per quanto riguarda il settore bovino, dato che è responsabile delle emissioni di gas ad effetto climalterante. Andando nel dettaglio sono disponibili dati che illustrano il peso delle emissioni in termini di CO<sub>2</sub> equivalenti. Quest'unità di misura viene scelta al fine di poter comparare due o più sistemi di produzione, come nel caso del latte e della carne bovina in seguito descritta, che altrimenti non sarebbero confrontabili (Pirlo & Carrè, 2013).

L'emissione della maggior parte del metano prodotto dalle fermentazioni enteriche è determinata dall'allevamento bovino, in particolare quello da carne (Cederberg, 2003), che è anche la tipologia di allevamento più impattante con 80,76 Gg, seguita dall'allevamento suino con 69,72 Gg. In termini percentuali, l'allevamento bovino incide sull'emissione di metano per il 70% per quanto riguarda la fermentazione enterica e per il 48,9% riguardo la gestione delle deiezioni bovine, mentre quelle suine per il 42,2 % (ISPRA, 2023).

Il dato maggiormente studiato quando si parla di ridurre l'impatto ambientale dell'allevamento bovino è, quindi, la fermentazione enterica che genera metano (11-17% del metano generato a livello globale) e anidride carbonica che vengono emessi in atmosfera. Si stima che circa l'87% di CH<sub>4</sub> sia prodotto nel ruminale e il 13% nell'intestino crasso (Ronchi et al., 2020).

La percentuale di metano prodotta è maggiore negli animali a fine lattazione e nelle vacche in asciutta in quanto la loro alimentazione è più ricca di foraggi e quindi di fibre che vanno a liberare una maggior quantità di acido acetico e butirrico con conseguente produzione di metano aumentata rispetto a una razione con percentuale maggiore di concentrati (Ronchi et al., 2020). Secondo diversi studi l'intensificazione sostenibile degli allevamenti risulta essere la tattica che meglio minimizza le emissioni ambientali e allo stesso tempo riesce a garantire il sostentamento alimentare della popolazione. La riduzione delle emissioni ambientali si concretizza dal momento in cui per produrre la stessa quantità di prodotto sarà necessario allevare un minor numero di

capi, perché un animale più produttivo è anche un animale più efficiente in quanto si potrà ripartire le emissioni prodotte dal singolo animale su una maggior quantità di prodotto, a parità di input (Godfray et al., 2010).

## Migliorare l'efficienza con un corretto razionamento

Data la disponibilità limitata di risorse energetiche e di suolo coltivabile per l'agricoltura, si rende necessario migliorare il più possibile la gestione degli input e l'efficienza per singola azienda (Abeni & Galli, 2018).

Per migliorare la potenzialità produttiva degli animali in maniera pressoché immediata si può operare sulla gestione di un corretto piano alimentare. Questo deve sempre considerare diversi fattori, quali: lo stadio di lattazione, la razza e la tipologia di allevamento, l'orientamento produttivo (latte alimentare piuttosto che latte da caseificare e ancora tipologia di derivato che si desidera ottenere), la qualità delle materie prime e le loro proprietà analitiche (Catellani et al., 2020).

Il fabbisogno energetico di una vacca con produzione giornaliera di 60 kg di latte richiede l'assunzione di 30 kg di sostanza secca (SS) al giorno (Pulina et al., 2020; Cevolani, 2021).

Componente analitico	% ottimale/SS	% minima/SS	% massima/SS
<b>NDF totale</b>	30	28	36
<b>NDF da foraggio</b>	25	20	28
<b>peNDF</b>	23	21	24
<b>Lignina (ADL)</b>	3,5	3	5
<b>NDF fermentescibile</b>	10	9	12
<b>Acidi di fermentazione</b>	<5	-	-
<b>Zuccheri</b>	7	5	9
<b>Zuccheri fermentescibili</b>	6	5	8
<b>Amido</b>	25	21	27
<b>Amido fermentescibile</b>	21	20	22
<b>Fibra solubile</b>	7	5	11
<b>Fibra solubile fermentescibile</b>	6	4	9
<b>Amido + zuccheri + Fibra solubile</b>	34	32	38
<b>PG totale*</b>	15	-	-
<b>RDP</b>	11,5	11	12
<b>PS</b>	5,75	5,5	6

Tabella 6 - **Composizione percentuale** sulla sostanza secca dei vari **componenti analitici**. PS= Proteina Solubile. PG= viene ottenuta moltiplicando il quantitativo di azoto del campione per il valore di 6.25, corrispondente a 100/16, dove 16 è il contenuto fisso di N delle proteine vegetali (Fustini & Mammi, 2013).

La fonte di SS deve essere ripartita in maniera equilibrata fra foraggi e concentrati (F:C). Il giusto rapporto si ottiene quando si attesta fra il 60:40 e il 50:50. Quest'ultimo è molto comune quando si hanno animali molto produttivi, come nel caso sopra indicato di animali in grado di produrre 60 kg di latte/giorno, questo perché il contenuto maggiore di concentrati fornisce più energia sottoforma di carboidrati (Pulina et al., 2020). Il Disciplinare del Parmigiano Reggiano vieta che il rapporto F:C sia inferiore a 50:50, ma soprattutto che almeno il 50% della quota di SS dei foraggi deve essere rappresentata da fieni (Cevolani, 2021).

La quota di foraggi e la loro forma fisica deve essere sempre garantita in quanto da esse dipende maggiormente la ripienezza del rumine e di conseguenza il numero di atti di ruminazione, di rimescolamento, il tempo di ritenzione dell'alimento, quindi il suo funzionamento e l'efficacia della digestione (Fustini et al., 2017). Il rumine infatti è più funzionale quando la fibra è almeno il 25% della SS.

Il parametro più attenzionato è la fibra fisicamente efficace (*peNDF*<sup>6</sup>) che ne descrive la porzione rappresentante la frazione della fibra in grado di stimolare la masticazione e la ruminazione e dipende principalmente dalla lunghezza delle fibre del foraggio. Questa deve essere di 1.88 mm e almeno il 23% della SS (Cevolani, 2021; Poppi et al., 1985).

I foraggi sono la principale fonte di carboidrati strutturali (SC) e apportano solo una cospicua quantità di energia, in quanto la quota di carboidrati non strutturali (NSC) è minore. Il contenuto di NSC è inversamente proporzionale allo *stadio vegetativo della pianta*<sup>7</sup>.

Con l'avanzamento del ciclo vitale della pianta si verifica un impoverimento delle sostanze nutritive in essa contenute e un peggioramento della sua qualità. Una pianta giovane sarà più ricca in zuccheri e proteine e la sua fibra sarà maggiormente digeribile, mentre una pianta in

---

<sup>6</sup> È la quantità di alimento che rimane intrappolato in tre setacci sovrapposti con pori di 19, 8 e 4 mm moltiplicata per il contenuto di NDF

<sup>7</sup> L'epoca di sfalcio deve essere scelta con precisione al fine di ottenere un foraggio di ottima qualità, cercando il connubio con la quantità. Secondo Ronchi et al. (2020), questo momento è allo stadio dei bottoni fiorali, per le leguminose; e allo stadio di botticella o a inizio spigatura per le graminacee. Una graminacea raccolta tardivamente presenterà un maggior contenuto di amido sulla SS e quindi indurrà proporzionalmente una produzione inferiore di metano enterico. La fase ottimale però si può perdere molto velocemente e per questo è richiesto che venga eseguita la raccolta entro 3 o 4 giorni.

stadio vegetativo avanzato sarà meno digeribile a causa della progressiva lignificazione dei tessuti (Pulina, et al., 2020; Ronchi et al., 2020; Garnsworthy, 2004). Al contrario all'avanzare dello stadio vegetativo della pianta aumenterà il contenuto di fibra neutro detersa (*NDF*<sup>8</sup>) (Ferraretto et al., 2013).

La quota ottimale di SS proveniente dai foraggi deve essere almeno il 19% del totale per impedire il verificarsi del calo della ruminazione. È altresì da evitare l'elevata presenza di foraggi in quanto è stato dimostrato che all'aumentare della loro concentrazione si verifica un calo della produzione di latte. Questo è legato al basso contenuto energetico della materia prima rispetto ai concentrati e all'effetto ingombro che si viene a creare a causa del maggior volume che determina un calo dell'ingestione per l'aumento della sensazione di sazietà (Catellani et al., 2020; Ferraretto et al., 2013). Al contrario l'utilizzo delle granelle dei cereali risulta essere piuttosto vantaggioso perché in grado di aumentare e sostenere efficacemente le produzioni in quanto ricche di carboidrati (Ronchi et al., 2020).

A maggior ragione quando la qualità del foraggio è scarsa e il suo contenuto digeribile è basso bisognerà sopperire ai fabbisogni aumentando la quota di concentrati. Questi ultimi quindi vanno scelti ed aggiunti alla razione in funzione del contenuto dei nutrienti presenti nella parte foraggera, per aumentare il contenuto di energia metabolizzabile (ME) (Pulina et al., 2020; Garnsworthy, 2004).

La qualità del concentrato dipende dalla tipologia della materia prima e dal grado di degradabilità ruminale infatti nel rumine dal 50 al 70% della sostanza organica (SO) può essere digerita e fermentata per produrre acidi grassi (Ronchi et al., 2020). Per evitare un accumulo eccessivo di questi nel rumine è opportuno fornire all'animale carboidrati a diverso grado di fermentescibilità. La massima fermentescibilità dell'amido la abbiamo nel frumento, successivamente, in ordine decrescente negli alimenti: orzo, avena, mais e sorgo.

Il vantaggio che presentano i ruminanti è quello di essere degli animali in grado di convertire efficacemente le proteine non nobili provenienti dai foraggi in proteine ad elevato valore biologico (Ronchi et al., 2020). Questo perché i batteri presenti nel rumine utilizzano le materie prime per sintetizzare proteine, che diverranno a loro volta proteine di origine microbiche, dall'elevato valore biologico, e potranno essere assorbite a livello intestinale (Cevolani, 2014).

---

<sup>8</sup> Emicellulose e cellulosa non lignificate

## **Efficienza alimentare della bovina da latte**

Il parametro Indice di Efficienza Alimentare (IEA) descrive la capacità di un animale di convertire l'alimento consumato in latte; il suo valore è ricavato da una formula che riporta la produzione di latte corretto al 4% di grasso e 3,3% di proteina con i kg di sostanza secca assunti con l'alimento. L'IEA varia in funzione delle caratteristiche dell'alimento, del tipo di razione, delle condizioni ambientali e dei fattori intrinseci, quali ad esempio la razza e la linea genetica dell'animale (Ronchi et al., 2020).

L'efficienza produttiva può essere valutata anche in altri modi, ad esempio mediante la stima del Rapporto di Conversione Alimentare (FCR) e il Residual Feed Intake (RFI).

L'RFI, maggiormente impiegato come parametro di efficienza nell'allevamento da carne, viene descritto come la differenza fra assunzione effettiva di sostanza secca (DMI) e la DMI richiesta dal metabolismo basale e dalle prestazioni produttive e di crescita, stimata attraverso un'equazione in cui è incluso il peso e l'incremento medio giornaliero (ADG). Gli animali che risultano essere più efficienti sono quelli con un RFI basso, quindi quelli che a parità di produzione consumano meno alimento (Elolimy et al., 2018; Ronchi et al., 2020).

La correlazione di questo parametro con la sostenibilità ambientale è stata studiata da Callegaro et al. (2022) su un campione di 111 tori di razza Holstein; il gruppo di ricerca ha proposto di indagare i caratteri FCR e RFI associati al consumo di mangime e l'emissione di gas a effetto serra. È emerso che gli animali con maggior efficienza alimentare avevano un rapporto ottimale fra ingestione di alimento e produzioni ed emettevano proporzionalmente meno GHG per kg di produzione. La correlazione più forte fra caratteri è stata stimata fra efficienza alimentare e DMI, che era di 0,86. RFI e FCR hanno, invece, una correlazione medio bassa con le emissioni di GHG, rispettivamente di 0,12 e 0,31 (Callegaro et al., 2022).

Tuttavia, la valutazione dell'RFI nelle vacche da latte risulta essere piuttosto complessa in quanto dipende da diversi fattori, quali: produzione di latte, livello del metabolismo basale, stato di gravidanza, stadio di lattazione e ordine di parto (Callegaro et al., 2022).

Si stima che con una produzione fino a 20 tonnellate di latte per lattazione, e mantenendo l'attuale produzione italiana di 12,1 Mt di latte, si otterrebbe una riduzione dell'impatto ambientale sul territorio del 60,1% di GHG. Questo implica che a parità di latte prodotto bisognerà allevare un minor numero di capi che, quindi, impatteranno meno sull'ambiente (Pulina et al., 2020). Inoltre, a sostegno dello studio di Pulina, relativamente al rapporto fra efficienza alimentare ed emissione di GHG, da uno studio di Callegaro et al. (2022) è stato

evidenziato che la correlazione fra emissioni di GHG e RFI è debole e sfavorevole, quindi gli animali più efficienti effettivamente emettono meno gas ad effetto climalterante; la correlazione tra GHG e RFI è risultata essere significativa (con  $p < 0,01$  per il metano e  $0,001$  per l'anidride carbonica) con un valore di  $0,20$  e  $0,31$  per metano e anidride carbonica, rispettivamente (Callegaro et al., 2022).

Alcune stime rivelano che però portare le mandrie ad avere un RFI migliore non è così semplice, in quanto l'ereditarietà di efficienza alimentare e RFI sono rispettivamente di  $0,33 \pm 0,01$  e  $0,23 \pm 0,01$  sui bovini in crescita e  $0,06 \pm 0,010$  e  $0,04 \pm 0,008$  sulle vacche (Berry & Crowley, 2013).

### Efficienza alimentare della razza Reggiana

I parametri indicati per la valutazione dello studio dell'efficienza alimentare non sono mai stati studiati fino ad ora sulla razza di interesse di questa tesi, infatti l'efficienza alimentare della razza Reggiana è ad oggi sconosciuta. I pochi dati a disposizione sono relativi ai torelli in prova nel centro di selezione e riproduzione e sono relativi a pochi esemplari. Questi risultati non sono quindi rappresentativi della popolazione, né tantomeno descrivono l'efficienza alimentare delle vacche in lattazione, nostro argomento d'interesse.

Ad ogni modo ponendo a confronto torelli in prova di razza Frisone Italiana e Reggiana si può notare come quest'ultimi presentino un RFI minore, quindi una migliore efficienza di conversione alimentare, ed emettano meno metano.

Razza	Torelli in prova	
	Frisona Italiana	Reggiana
Peso medio	298	492
BCS	3.02	3.69
Ingestione giornaliera di sostanza secca (kg)	8.24	9.25
RFI	0.07	-0.8
Emissioni di CH4	220.05	200.05

Tabella 7 – I dati relativi ai 15 **tori di razza Frisone Italiana** sono relativi ad animali di età compresa fra 178 e 405 giorni e derivano da uno studio di Callegaro et al. (2022), condotto presso il centro genetico di ANAFIBJ. L'ingestione media di sostanza secca è stata calcolata mediante il sistema RIC; mentre le emissioni sono state registrate dal sistema Green Feed. I dati relativi a 4 **torelli di razza Reggiana**, sono derivati dall'attività di raccolta dato presso la stazione di controllo dell'ANaBoRaRe per ciclo di prova (ANaBoRaRe, 2023).

## Efficienza azotata

Il settore primario, in particolare quello zootecnico, è fortemente implicato nel rilascio di azoto in atmosfera (ISPRA, 2023). Questo riguarda principalmente la gestione delle deiezioni nei ricoveri, lo stoccaggio e lo spandimento sul suolo dei reflui zootecnici come fertilizzante organico (Misselbrook, et al., 2010; ISPRA, 2020).

I cambiamenti delle pratiche agricole e di allevamento avvenuti a partire dal secolo scorso hanno prodotto un importante accumulo di azoto nel suolo tale da non permettere l'assorbimento e l'utilizzo da parte delle piante questa incapacità causa la dispersione nell'ambiente dell'azoto in eccesso attraverso diversi processi il più rilevante dei quali è la lisciviazione dei nitrati verso le acque profonde e superficiali portando al fenomeno dell'eutrofizzazione (Sutton & van Grinsven, 2011).

Il contributo degli allevamenti all'inquinamento da azoto si esplica attraverso la sua forma ammoniacale ( $\text{NH}_3$ ) e come perossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Il settore agricolo contribuisce al 94% delle emissioni nazionali di ammoniaca (345000 di tonnellate), mentre l' $\text{N}_2\text{O}$  rappresenta il 35% sul totale dei gas serra emessi a livello nazionale. Il contributo dei ruminanti sul totale di ammoniaca prodotta è del 70,3% e solo l'allevamento della vacca da latte contribuisce al 30,4% ed è preceduto solo da quello di bovini di altre categorie (32,1%), mentre quelli suinicolo e avicolo incidono rispettivamente per il 14% e il 12% (ISPRA, 2020).

L'efficienza azotata può essere definita come la capacità di utilizzazione dell'azoto, a livello di singolo animale o a livello di sistema di allevamento. Ridurre l'emissione di questo elemento in atmosfera da parte dei sistemi produttivi animali, quindi, diventa prioritario e lo si può attuare se si considera l'efficienza nell'uso di azoto, calcolata attraverso l'uso del modello Nitrogen Use Efficiency (NUE).

La produzione totale di azoto escreto in un allevamento di bovine da latte si ripartisce rispettivamente in 89 e 11% per le produzioni latte e carne (Foskolos & Moorby, 2017). Per le vacche da latte si considera il Milk Nitrogen Efficiency (MNE) ossia il rapporto a 100 fra la quantità di azoto escreto con il latte, rispetto all'input assunto con l'alimentazione (Foskolos & Moorby, 2017; Andreas et al., 2017; Huhtanen & Hristov, 2009). Uno studio di Tamminga (1996) ha esposto che per ogni kg di latte vengono persi da 10 a 45 gr di azoto.

L'alimentazione incide sulla quantità di N escreto. Infatti, quando la razione non è bilanciata in termini di proteine, lo scompenso causato dalla concentrazione sbagliata è il fattore in grado di influenzare maggiormente la MNE. Quando la frazione proteica della razione non è bilanciata, si

verifica una maggior perdita di componenti azotati che verranno eliminati sotto forma di urea, attraverso le urine, le feci e il latte (Satter et al., 2002; Huhtanen & Hristov, 2009; Andreas et al., 2017; Cevolani, 2021).

### **Proteine e azoto**

Il processo di utilizzazione della proteina nei ruminanti si distingue in tre fasi quella ruminale, intestinale e metabolica. La prima presenta elevata e costante digeribilità e implica l'elaborazione della componente proteica ad opera dei microrganismi che vivono in simbiosi nell'ambiente ruminale; la seconda porta all'effettiva scissione delle proteine e, infine, l'ultima riguarda la trasformazione degli amminoacidi (Spanghero, 2020).

Un alimento si definisce proteico quando presenta un contenuto in proteina che varia dal 28-30% al 55-60%. Questo valore può variare sulla base della tipologia vegetale, del processo di lavorazione che ha subito l'alimento e del contenuto di fibra residua (Ronchi et al., 2020).

Quando si parla di fonti proteiche, oltre alla quantità, è importante discriminarle sulla base della loro capacità di apportare amminoacidi essenziali (AAE), in particolare quelli limitanti che, non solo l'animale non è in grado di sintetizzare, ma che sono presenti in minor quantità e vanno a ridurre la sintesi delle proteine (Ronchi et al., 2020). Gli AAE considerati limitanti nell'alimentazione della bovina da latte sono metionina (Met) e lisina (Lys) (Mavrommatis, et al., 2021).

Per la sintesi proteica i microrganismi necessitano di ammoniaca ed energia che ottengono rispettivamente dall'elaborazione di proteine e carboidrati digeribili, *NFC*<sup>9</sup> e *NDF*, e di scheletri carboniosi che si ottengono dalla fermentazione degli amidi e della fibra. Il processo di produzione porta alla formazione del composto ammoniacale e dei residui carboniosi non azotati.

È stato calcolato che all'incirca 1 kg di SS con buona degradabilità può portare all'elaborazione di 130-145 grammi di proteine microbiche. Tuttavia, questo dipende dal contenuto di amidi e di fibre e dalla loro degradabilità ruminale. Il suo valore, definito RDP, si ottiene moltiplicando la quantità di proteina di ogni ingrediente per la degradabilità effettiva; il valore di proteina indegradabile nel rumine (*RUP*, anche dette *bypass*<sup>10</sup>) si ottiene per differenza della RDP con la quantità ingerita (Spanghero, 2020).

---

<sup>9</sup> Amido, pectine e zuccheri

<sup>10</sup> La componente "bypass" o RUP descrive la percentuale del principio nutritivo che è in grado di sfuggire all'elaborazione da parte dei batteri del rumine e arrivare indigerita nell'intestino, dove potrà essere



Il fabbisogno azotato della bovina da latte viene solitamente rappresentato come la quantità di proteina metabolizzabile (MP). È un concetto nutrizionale piuttosto dinamico viene determinato in considerazione della qualità, della quantità dell'alimento e dell'efficienza alimentare dell'animale e rappresenta la somma delle proteine e degli aminoacidi che giungono nel piccolo intestino sotto forma di proteine RUP, proteine di origine microbica (queste costituiscono più del 50% della quantità totale delle proteine digeribili) oltre che una modesta quantità di proteine endogene (Fustini & Mammi, 2013).

La seconda proteina espressa come quantitativo in ordine di importanza è la proteina che deriva dall'alimento. Questa presenta dei valori piuttosto differenti sulla base dell'efficienza alimentare dell'animale, della tipologia di materia prima, della conformazione delle proteine e degli eventuali trattamenti tecnologici eseguiti sull'alimento. Il 57% della MP deriva dalla proteina microbica ruminale e il restante per cento deriva dalla RUP (Ronchi et al., 2020).

La dieta per la bovina da latte deve avere valori di RDP e RUP che corrispondano rispettivamente a 10 e 16% della SS (Spanghero, 2020).

Seguendo tale principio nella pratica comune si inserisce in razione una quota di aminoacidi con formulazione ruminoprotetta che apporti tale quota direttamente in sede intestinale. Sostanzialmente, per proteggere la componente nutrizionale dalla degradazione ruminale è necessario operare una microincapsulazione che renda gli aminoacidi inaccessibili ai microrganismi del rumine ma attaccabili dagli enzimi intestinali, i quali li renderanno nuovamente disponibili e assimilabili. In questo modo si andrà a fornire il corretto apporto aminoacidico per mantenere l'elevata efficienza produttiva, ma allo stesso tempo ridurre l'escrezione azotata e quindi lo spreco di nutrienti (Spanghero, 2020).

## **Nuove tecnologie applicate al sistema di razionamento**

La zootecnia di precisione (PLF) rappresenta la risposta alle crescenti sfide rivolte alla produzione zootecnia. Questa strategia utilizza come strumento la tecnologia al fine di controllare dettagliatamente il processo produttivo e ridurre gli sprechi, ad esempio sfruttando sensori che consentono di misurare diverse variabili per il riconoscimento individuale dei capi. I dati ottenuti da tali dispositivi vengono processati dai software, i quali valutano le variabili confrontandole con un modello operativo standard ed elaborano suggerimenti utili per prendere decisioni

---

assorbita. Generalmente la digeribilità della frazione bypass può essere molto varia e andare dal 60 al 95% (Ronchi et al., 2020).

manageriali. Questo sistema si rende particolarmente veloce ed efficace qualora debbano essere innescate retroazioni correttive (Abeni & Galli, 2018). Oltre al vantaggio sia economico che ambientale legato all'utilizzo attento delle risorse impiegate con precisione, la tecnica del PLF consente l'ottenimento di un maggior livello di benessere animale in allevamento che si traduce in una maggiore resilienza, ottimizzazione del potenziale genetico ed efficienza produttiva (Pulina, et al., 2020).

Una delle tecniche più utilizzate è la suddivisione della mandria in gruppi alimentari grazie alla quale diviene più facile esaltare le produzioni e rende più efficiente l'utilizzo dell'alimento da parte dell'animale, in quanto la razione è formulata sui fabbisogni specifici in funzione di stadio di lattazione e livello produttivo. Questo rappresenta il principio del "Precision feeding" (Abeni & Galli, 2018; Cabrera & Kalantari, 2016).

Minore è la variabilità fra gli individui di un gruppo e più la razione sarà in grado di soddisfare le necessità metaboliche. Pertanto questo andrà a favorire questa scelta materiale anche dal punto di vista economico (Cabrera & Kalantari, 2016).

La valutazione di quest'ultimo aspetto viene eseguita mediante il calcolo dell'Income Over Feed Cost (IOFC), ossia il reddito ottenuto dalla vendita del latte al netto del costo dell'alimentazione (Buza, et al., 2014). Tuttavia, in questo sistema, raramente viene considerata la perdita in termini di produzione legata allo stress delle nuove interazioni sociali che si vengono a creare al momento dello spostamento nel nuovo gruppo alimentare oltre che allo stress legato al cambiamento delle percentuali dei vari alimenti in razione (Cabrera & Kalantari, 2016; Moseley, et al., 1976). Di fatti si può assistere ad una perdita di latte piuttosto elevata (1-2 kg/vacca/giorno) che può persistere anche per diverse settimane (Smith, 1976). Si stima, comunque, che l'IOFC per vacca per anno ammonterebbe a 38\$ quando si effettua il passaggio da un TMR a due TMR; ed a 44\$ quando si effettua il passaggio da un TMR a tre TMR (Earleywine, 2001).

L'alternativa a questo sistema dei gruppi alimentari consiste nell'andare a premiare gli animali più produttivi con un mangime concentrato distribuito dall'auto-alimentatore in maniera individuale (Fantini, 2018).

# **CAPITOLO 3:** **STAGIONALITÀ**

## **Stagioni e cambiamento climatico**

L'attività antropica ha causato la velocizzazione del fenomeno del surriscaldamento globale tale da stimare che tra il 2030 e il 2052 l'incremento della temperatura media raggiungerà gli 1,5 gradi (IPCC, 2023). Questa modifica costituirà un pericolo per il mantenimento delle caratteristiche degli ecosistemi e dunque per l'adattamento della flora e della fauna.

Il fenomeno dei cambiamenti climatici rappresenta un ostacolo all'ottenimento di adeguate condizioni di benessere animale e al contenimento delle malattie all'interno dell'allevamento (Sirtori, et al., 2021). I cambiamenti climatici, infatti, portano all'esposizione della popolazione a una più lunga trasmissione stagionale delle malattie, l'incremento della temperatura dell'acqua favorisce la proliferazione e la sopravvivenza di alcuni patogeni e parassiti mentre l'aumento dell'umidità dell'aria favorisce la trasmissione delle patologie respiratorie.

Tutte queste condizioni creano un ambiente propizio per la presenza di vettori, che anche grazie alla elevata densità della popolazione possono causare un esordio della malattia piuttosto rapido (Rossati, Bargiacchi, Kroumova, & Garavelli, 2014).

Gli animali di allevamento, grazie all'ambiente controllato in cui si trovano, risentono in maniera differente della temperatura ambientale esterna a maggior ragione perché le tecnologie PLF aiutano l'allevatore a impostare in stalla la temperatura di comfort termico che è quella compresa fra i 13 e i 18°C, con un'umidità relativa (UR) che si attesta attorno al 60-70%. Al di sopra e al di sotto di questa temperatura gli animali attivano delle reazioni volte al mantenimento dell'omeostasi. Tuttavia quando queste azioni non bastano per regolare la temperatura corporea dell'animale va incontro a stress termico. Alla nostra latitudine per quanto riguarda le bovine da latte tendenzialmente lo stress termico è maggiore quando le temperature si trovano al di sopra della temperatura comfort. Lo stress da calore si manifesta con calo repentino delle produzioni, dell'ingestione e dell'attività di ruminazione, e infine con una riduzione delle performance di crescita e riproduzione, oltre che con un aumento della suscettibilità (Sirtori, et al., 2021).

## **Temperatura dell'ambiente di allevamento**

L'effetto sul metabolismo dello stress da caldo non è affatto da sottovalutare. Per questo è importante ricordare le temperature ottimali da garantire in allevamento.

L'animale va in stress termico quando la temperatura ambientale si estende al di fuori del range di termoneutralità per cui dovrà attuare una serie di comportamenti per termoregolarsi.

Da considerare, tuttavia, che non c'è solamente la temperatura, bensì altri fattori. È stato elaborato un indice, definito Temperature Humidity Index (THI) che considera anche l'UR e temperatura dell'aria (AT). Quando questo valore è superiore a 72 l'animale va in stress da caldo e inizieranno a manifestarsi diverse complicazioni. Le bovine più produttive, in particolare, sono molto sensibili alle alte temperature, per cui recenti studi hanno dimostrato che il valore reale di THI soglia è di 64. In quelle occasioni in cui il THI rimane superiore a 68 per più di 17 ore si inizieranno ad avere risvolti negativi sulle produzioni (Formigoni et al., 2021).

La soluzione più adottata per limitare i danni dell'effetto stressante delle elevate temperature è l'impiego di doccette e ventilatori per sottrarre calore corporeo. Con una riduzione di 0.7°C si va a ripristinare la produzione di 3 kg di latte (Formigoni et al., 2021).

## **Comportamento della vacca in stress da caldo**

Gli effetti dello stress da caldo esitano sempre in perdite economiche che si concretizzano a causa delle perdite produttive, conseguenza di aumento dei fabbisogni di mantenimento legato a un maggior dispendio energetico a fini termoregolativi, del peggioramento delle caratteristiche del latte, della diminuita fisiologia digestiva, del *minor rendimento riproduttivo*<sup>11</sup> e del peggioramento della salute della mammella (Jacobsen, 1998; Cevolani, 2014).

In linea generale si può desumere come tutte queste conseguenze siano generate da un calo dell'ingestione. Quando la temperatura ambientale aumenta infatti il primo comportamento che la bovina mette in atto per diminuire l'eccesso di calore è quello di limitare l'assunzione di alimento, in particolar modo i foraggi in quanto sono causa di un aumento delle fermentazioni e conseguentemente del calore metabolico (Formigoni et al., 2021).

Una corretta gestione dell'alimentazione, quindi, risulta essere il fattore manageriale, assieme alla gestione del sistema di raffrescamento, che meglio può limitare gli effetti negativi sulla produzione nelle vacche in stress termico.

---

<sup>11</sup> Il caldo modifica le concentrazioni ormonali. In particolare in condizioni di forte stress diminuiscono gli ormoni tiroidei e dell'LH e aumenta notevolmente il livello di cortisolo ematico. Questo comporta un peggioramento del tasso di gravidanza, una riduzione dell'evidenza e della durata del comportamento estrale e un generale peggioramento della fertilità (Cevolani, 2021; De Rensis & Scaramuzzi, 2003).

## Gestione dell'alimentazione

Le fermentazioni ruminali generano calore, ecco perché l'assunzione in inverno sarà maggiore del 10-30% rispetto a quella estiva (Lallemand, 2007). Per questo quest'ultima dovrebbe essere formulata in maniera differente in modo da renderla più appetibile, più ricca e in grado di limitare le fermentazioni che producono calore endogeno, ma soprattutto dovrebbe essere facilmente digeribile per ridurre il calo d'ingestione, diminuire lo stress termico e mantenere le performance (Bernabucci, 2020).

Le perdite economiche, infatti, sono dovute per l'80% ai cali produttivi che ammontano al 15-20% sul totale del latte prodotto per lattazione, corrispondenti a 1803 kg di latte per vacca per anno, e per la restante parte alle problematiche di salute legate allo stress da caldo. Il bilancio delle perdite estive ammonta a circa 403 euro per vacca (Lallemand, 2007).

L'alimentazione estiva dovrebbe quindi supportare il metabolismo dato che la fisiologia digestiva è già messa a dura prova a causa della vasodilatazione necessaria all'animale per disperdere calore corporeo, impedendo così il rapido assorbimento dei nutrienti e il loro ingresso nel circolo ematico (Jacobsen K. , 1998).

### L'acqua di bevanda

Un fattore correlato positivamente con la produzione giornaliera di latte (MY) e con la DMI è l'assunzione di acqua di bevanda. Questa diviene ancora più importante quando la temperatura esterna aumenta al di sopra della zona di comfort termico. Infatti, in condizioni di stress, l'assunzione può aumentare notevolmente, passando da 70 litri quando la vacca si trova in una condizione ambientale favorevole a 200 litri quando è stressata termicamente (Enne et al., 2006). Per questo motivo l'acqua di buona qualità e basso residuo fisso dovrebbe essere sempre somministrata fresca, pulita e ad libitum in modo tale da stimolare l'animale a bere, in particolar modo quando le temperature ambientali sono elevate (Baker, et al., 1988). Per mantenere l'acqua pulita, oltre all'abitudinaria pulizia degli abbeveratoi, si può decidere di aggiungere ogni 189 litri d'acqua 89 mL di candeggina che impedirà ai microrganismi e alle alghe di moltiplicarsi (Jacobsen K. , 1999).

Quando il caldo diviene eccessivo l'animale metterà in atto una serie di comportamenti e adattamenti fisiologici, tutti causa di un'abbondante perdita di liquidi, quali: la vasodilatazione,

l'ipersalivazione, la sudorazione e la *polipnea termica*<sup>12</sup> (Formigoni et al., 2021). Tramite l'assunzione di acqua fresca a 10 °C è possibile ridurre la frequenza respiratoria e la temperatura rettale. La riduzione della temperatura corporea risulta essere vantaggiosa perché promuove l'aumento dell'ingestione della sostanza secca, in quanto va ad agire sull'area dell'ipotalamo che è quella che controlla l'assunzione di alimento (Baker et al., 1988). In inverno invece bisognerà, al contrario, fare in modo che l'acqua non raggiunga mai temperature troppo basse, in quanto l'abbassamento della temperatura a livello ruminale potrebbe rallentare, o addirittura arrestare l'attività dei microrganismi simbiotici.

## **Concentrati e foraggi**

Sebbene l'ingestione di alimenti di per sé abbia un effetto sulla produzione di calore, la letteratura riporta dati secondo cui l'abbondante quota di NDF presenta una correlazione positiva con la temperatura corporea e la frequenza degli atti respiratori; dunque la tipologia di alimento e la sua percentuale in razione sono correlati con il calore endogeno prodotto con la digestione. Infatti il metabolismo dell'acido acetico, più prodotto nelle diete fibrose, genera molto più calore, rispetto al metabolismo dell'acido propionico, tipico delle diete ricche in concentrati (Bernabucci, 2020).

La tipologia di alimento può andare ad influenzare l'ingestione. Nei periodi più caldi gli animali tendono a scegliere gli alimenti concentrati in quanto la loro fermentazione nel rumine è minore rispetto a quello dei foraggi e a parità di peso apportano maggior energia (Poppi et al., 1985).

Una quota di ADF pari ad almeno il 18% e di NDF pari al 28% deve sempre essere garantita, al fine di preservare la qualità delle fermentazioni ruminali (Bernabucci, 2020). Tuttavia questa dovrebbe arrivare solo da foraggi di buona qualità e all'occorrenza integrare la carenza di fibra da altre fonti, come ad esempio la polpa di barbabietola, non trascurando mai l'integrazione di bicarbonati per prevenire l'acidosi ruminale (Cevolani, 2014).

Inoltre bisognerebbe evitare, in condizioni di stress da caldo, l'eccesso di proteine, sebbene spesso in condizioni di stress da caldo gli animali presentino un bilancio azotato negativo, legato alla ridotta ingestione di alimento. Il loro metabolismo, infatti, causa una maggiore produzione di calore rispetto a quella dei carboidrati e dei grassi e per di più potrebbero andare a sovraccaricare il metabolismo (Bernabucci, 2020).

---

<sup>12</sup> È il principale meccanismo di regolazione della temperatura corporea usata dagli animali, che viene attuata mediante l'evaporazione di calore tramite i capillari dell'apparato respiratorio, della mucosa delle narici e della bocca.

Per migliorare l'efficienza alimentare e al tempo stesso ridurre l'assunzione di mangime è possibile integrare la razione anche con colture di lieviti. Secondo uno studio retrospettivo di Min et al. (2019) quest'integrazione aiuterebbe ad ottenere una riduzione significativa ( $p < 0,05$ ) dell'assunzione di mangime del 4,43%, pur non compromettendo la produzione di latte e riducendo la temperatura rettale, la temperatura cutanea e la frequenza respiratoria.

## **Additivi alimentari**

Gli ingredienti che vengono integrati in razione con lo scopo di migliorare il metabolismo ruminale e favorire quello intestinale vengono definiti additivi alimentari (Bernabucci, 2020) e possono essere di diverso tipo. Essendo in grado di migliorare il rendimento della fisiologia digestiva questi sono utili anche alla riduzione delle emissioni perché rendono più efficiente l'utilizzazione della razione.

## **Probiotici**

I probiotici sono dei microrganismi non nocivi che, una volta somministrati sotto forma di supplemento, andranno a colonizzare una parte del tratto digerente influenzando sulle caratteristiche produttive e sullo stato di salute dell'animale (Cevolani, 2021).

Definiti Direct Fed Microbials sono principalmente lieviti, del genere *Saccharomyces* e *Aspergillus (oryzae)*. La loro utilità si esplica nell'aumento della digeribilità della fibra e la riduzione delle fluttuazioni del pH ruminale (Formigoni et al., 2021).

Questi microrganismi sono utilizzatori di ossigeno per cui tenderanno a ridurre le concentrazioni nell'ambiente ruminale, favorendo quelle fermentazioni che sono promosse da batteri che necessitano di ambiente anaerobico andando ad aumentare l'efficienza dell'alimentazione del 7% perché si passerebbe da un'assunzione di SS di 42,2 a 43,4 kg/giorno, con una resa in proteine lattosio più elevata (Min, et al., 2019). Si stima che questi microrganismi siano associati a una migliore utilizzazione ruminale della fibra, a un incremento del numero di organismi cellulolitici, a un turnover più rapido dell'acido lattico ruminale inoltre sono implicati nell'assorbimento delle endotossine, sebbene siano meno efficienti della vitamina E (Wang et al., 2016), e secondo Cevolani (2021) sono anche in grado di adsorbire le micotossine che si trovano negli alimenti. Grazie a questo loro apporto benefico sono, infine, in grado di migliorare i parametri produttivi e riproduttivi, infatti il tasso di concepimento aumenta del 12% (Huber et al., 1993), tuttavia ci sono pareri discordanti. Wang et al. (2016) non hanno osservato differenze



significative per quanto riguarda la temperatura rettale e la frequenza respiratoria ( $p > 0,05$ ), mentre dallo studio di Min et al. (2019) l'integrazione di 240 gr di colture di lievito a base di *Saccharomyces cerevisiae* presenterebbe degli effetti positivi dose dipendente sul parametro temperatura rettale.

Le colture di lieviti vengono somministrate solitamente in forma anidra o liquida, tuttavia nel disciplinare del Parmigiano Reggiano i lieviti umidi non sono ammessi (Cevolani, 2021).

*S. cerevisiae* è senza dubbio il probiotico più utilizzato e presenta diverse capacità, quali: aumentare la degradabilità della sostanza organica all'interno nel tratto digerente dell'animale, promuovendo la digestione della fibra e della proteina; coadiuvare i batteri ruminali nella produzione di proteine microbiche; garantire maggiore stabilità del pH a valori fisiologici; migliorare l'utilizzo ammoniacale e degli ioni  $H^+$ ; per giunta è fonte di vitamine del gruppo B, acido glutammico, aminoacidi, nucleotidi e nucleosidi.

### **Tamponi ruminali**

Il pH ruminale è influenzato da diversi fattori, quali: l'alimentazione, la quantità di saliva, la scarsa ruminazione e la velocità di assorbimento degli acidi grassi volatili (AGV), in particolare propionico e butirrico (Huber et al., 1993). L'aumento della frequenza respiratoria incide anch'esso sulla riduzione del pH ematico, perché si verifica una liberazione maggiore di  $CO_2$ , gas coinvolto nell'equilibrio acido-base (Lallemand, 2007). In estate la scialorrea, la quale ha lo scopo di dissipare il calore corporeo, induce la perdita di un'ingente quantità di sostanze tampone, il che compromette l'attività del rumine, il cui pH va incontro a repentina diminuzione portando alla condizione di acidosi (Lallemand, 2007).

L'acidosi è una condizione patologica che può nascere per diverse ragioni. In particolar modo nel periodo estivo è da imputare al fatto che la vacca si alimenta meno, restando a digiuno per tempi prolungati, e predilige la scelta dei concentrati nella dieta, anche qualora fosse fornita sottoforma di piatto unico. Ulteriori cause di questo stato sono date dal fatto che la frequenza respiratoria elevata induce la perdita di  $CO_2$ , una molecola alcalina, e che viene prodotta molta più saliva allo scopo di disperdere calore dalle mucose, se questa non giunge nel rumine non si avrà il potere tampone (Cevolani, 2014).

In casi come questo è importante ripristinare il normale pH ruminale per non alterare l'equilibrio e irritare la mucosa parietale del rumine, evitando, così, di compromettere l'efficienza digestiva

del ruminante a causa dello sviluppo di ruminiti che portano alla condizione di paracheratosi (Armato et al., 2016).

Lo scopo della somministrazione di tamponi ruminali è quello di mantenere il pH attorno al 6-6.5, ovvero al pH ottimale a cui lavorano i batteri ruminali utili. Tuttavia non devono essere obbligatoriamente introdotti con l'alimentazione, infatti molti tamponi derivano da meccanismi fisiologici mentre altri sono una conseguenza delle fermentazioni ruminali, ad esempio l'acetato di sodio è un tampone derivato dalla fermentazione della frazione fibrosa. In riferimento a quanto detto precedentemente, anche il tipo di alimento ha un'importante funzione sulla regolazione del pH ruminale. A sua volta l'alterazione del pH ruminale va ad alterare l'equilibrio fra le popolazioni batteriche andando a compromettere la digeribilità della fibra. Questa condizione sarà a sua volta causa di una ridotta assunzione di sostanza secca, del blocco della motilità e dell'attività ruminale, di atonia e dell'incremento dell'incidenza delle dislocazioni abomasali (Cevolani, 2021).

La saliva dei ruminanti è naturalmente ricca di bicarbonati (Counotte & Prins, 1978) e ogni giorno una vacca produce dai 100 fino a 200 litri al giorno di saliva per ottimizzare la ruminazione e tamponare il pH ruminale (Martins, 2019) e con essa viene ingerito fino a 1 kg di bicarbonato di sodio (Cevolani, 2021). I tamponi più utilizzati per mantenere l'equilibrio delle fermentazioni nel rumine sono il bicarbonato di sodio, il calcio carbonato, la bentonite e l'ossido di magnesio, che devono essere somministrati quando l'assunzione di foraggi cala di almeno l'1% del peso corporeo dell'animale per ridurre le oscillazioni di pH (Huber, Wu, & Chan, 1993). La dose raccomandata è di 200 grammi/capo/ giorno di bicarbonato di sodio e ossido di magnesio, nel rapporto 2:1 o 3:1 (Cevolani, 2021). In concomitanza con la somministrazione di un maggior quantitativo di bicarbonati è stato riscontrato un aumentato fabbisogno di acqua (Fantini, 2014).

### **Vitamine e minerali antiossidanti**

Il forte stress ossidativo potrebbe essere limitato con una somministrazione agli animali alcune molecole che hanno proprio il compito di rendere innocui e stabilizzare i radicali liberi, la cui produzione aumenta notevolmente a causa della condizione stressante. Queste molecole sono gli antiossidanti e possono essere enzimatici e non enzimatici.

Questi elementi contribuiscono a migliorare le performance, andando prima di tutto a stimolare la funzionalità del sistema immunitario e ciò promuove la riduzione dell'uso dei farmaci in allevamento con conseguente aumento della sostenibilità degli allevamenti.

Le vitamine impiegate più frequentemente nell'integrazione dell'alimentazione della bovina da latte sottoposta a stress sono le vitamine A, C ed E mentre il minerale più usato è il selenio (Se). Questi elementi sono implicati nella protezione dei tessuti dal danneggiamento provocato dagli agenti ossidanti (Bernabucci, 2020). Sfortunatamente, nei foraggi affienati il loro quantitativo è molto basso, in quanto tendono a conservarsi solo per un mese dopo lo sfalcio (Leblanc, 2023), invece sono presenti in abbondante quantità nelle razioni a base di foraggi freschi e verdi (Rode, McAllister, & Cheng, 1990). I foraggi verdi hanno anche il vantaggio di favorire l'ingestione di sostanza secca durante i mesi più caldi, quando questa tende a diminuire, in quanto sono fortemente appetibili (Pacchioli, 2023).

Il selenio è un antiossidante primario in grado di migliorare la risposta immunitaria (Leblanc, 2023; Min, et al., 2019). La forma di selenio più facilmente assimilabile ed immagazzinabile è quella fornita dai lieviti (Leblanc, 2023). Agisce a livello mitocondriale controllando la produzione di molteplici radicali liberi e impedendo che questi passino nel citoplasma, dove andrebbero a provocare un danno ossidativo. Proprio per questa ragione viene spesso impiegato per ristabilire l'equilibrio redox e metabolico. Le risposte metaboliche alla somministrazione di selenio nella dieta sono un aumento della glutatione-perossidasi nel sangue che implica un miglioramento del sistema antiossidante (Min, et al., 2019).

La vitamina E o  $\alpha$ -tocoferolo è anch'essa un'antiossidante secondario e, agendo in sinergia con il selenio, va a limitare gli effetti deleteri della perossidazione, in particolare di quella lipidica che avverrebbe a carico delle membrane cellulari. La vitamina E reagisce molto velocemente e in maniera efficace con le specie reattive dell'ossigeno, bloccando le reazioni a catena innescate dai radicali liberi e proteggendo le membrane cellulari e le lipoproteine dalla perossidazione, in quanto anche in forma radicalica la vitamina E è una molecola molto stabile. La forma radicalica a seguito dell'ossidazione può essere riconvertita ad  $\alpha$ -tocoferolo dalla vitamina C che cede l'elettrone perduto in precedenza (Leblanc, 2023; Cozzani & Dainese, 2006).

Il  $\beta$ -carotene è anche definito come provitamina, in quanto da esso si ottiene la vitamina A. Questo è un carotenoide che è presente in abbondante quantità nelle piante verdi e la sua funzione è quella di mantenere integri gli epitelii contribuendo al mantenimento dello stato di salute dell'animale (Leblanc, 2023; Cevolani, 2021).

Viene utilizzato come supplemento alimentare anche l'amminoacido metionina. Esso è in grado di migliorare la produzione di latte e la capacità antiossidante, andando ad agire sul sistema

immunitario degli animali e contrastando gli effetti negativi dello stress da calore; inoltre è in grado di promuovere la sintesi delle proteine a livello di ghiandola mammaria, contribuendo al mantenimento della qualità (Bernabucci, 2020).

## **Appetibilizzanti e aromi**

Il gusto e l'odore dell'alimento, indubbiamente, influiscono sull'interesse dell'animale verso la razione. Quando l'ingestione di SS cala, ad esempio in estate e nel primo post parto o quando alla dieta vengono aggiunti alcuni integratori alimentari dal sapore sgradevole, ma pur sempre funzionali per il corretto bilanciamento della dieta (glicole propilenico o sali anionici), possono essere usate sostanze dall'odore invitante e dal gusto dolce allo scopo di stimolare l'appetito e l'ingestione, la salivazione e fare notare meno l'introduzione di nuovi ingredienti nella miscela (Cevolani, 2021; Migliorati et al., 2016; Fantini, 2014). Il disciplinare del Parmigiano Reggiano, tuttavia, ammette solo alcune categorie di Flavouring and Appetizing Substances (FAS), escludendo tutti quegli ingredienti il cui aroma anomalo possa trasferirsi nel latte, compromettere le caratteristiche reologiche della cagliata e/o la corretta conservazione e maturazione della forma di formaggio (Cevolani, 2021).

Lo studio di Migliorati et al. (2016) ha confermato che l'utilizzo dei FAS nel concentrato immesso nel distributore automatico del sistema di mungitura robotizzato stimolava il comportamento alimentare e di conseguenza la produzione di latte. L'impiego dei FAS ha ridotto del 5% gli intervalli superiori alle 11 ore fra una mungitura e quella successiva (Migliorati, Speroni, Stelletta, & Pirlo, 2016).

Una sostanza molto impiegata come materia prima in grado di aumentare l'assunzione di sostanza secca dal 10 al 30% è il melasso; anche se tuttavia tende a deprimere la digestione della fibra nelle vacche ad elevata produzione (Huber, Wu, & Chan, 1993). Bisogna ricordare, però che secondo il disciplinare del Parmigiano Reggiano il melasso sottoforma di blocchi melassati o frantumato può essere utilizzato nei mangimi complementari composti in quantità non superiore al 3% e nella dose massima giornaliera di 1 kg/capo/giorno e mai in forma liquida (Cevolani, 2021).

Spesso sono impiegati come appetibilizzanti anche i grassi per aumentare l'assunzione di sostanza secca, ma questi non hanno alcun effetto sulla diminuzione del calore metabolico prodotto dalle fermentazioni ruminali (Huber et al., 1993). La somministrazione di grassi rumino protetti che verranno assorbiti direttamente a livello intestinale può, comunque, abbassare la

produzione di calore endogeno formatosi dalle fermentazioni ruminali e al tempo stesso apportare una maggior quantità di energia (Bernabucci, 2020). Nella produzione del Parmigiano Reggiano DOP non possono essere impiegati i grassi, siano essi di origine animale o vegetale, se non in qualità di supporto e protezione di micronutrienti, con dose massima di 100 grammi/capo/giorno (Cevolani, 2021).

Altre due materie prime molto utilizzate, in quanto dotate di un sapore dolce piuttosto invitante per gli animali sono il glicole propilenico e il glicerolo che possono essere dispersi nei mangimi o apportati in forma liquida nella quantità massima di 300 grammi/capo/giorno. Questi ingredienti hanno soprattutto un'importante funzione gluconeogenica in quanto stimolano la produzione di glucosio da parte del fegato inducendolo all'attivazione del ciclo di Krebs. I livelli di glucosio ematici possono così aumentare ed essere disponibili per la produzione di latte.

In estate vengono spesso impiegati in quanto donano minor polverosità alla razione e ne migliorano la conservabilità; in inverno invece vengono spesso addizionati all'acqua di bevanda in quanto abbassano il punto di congelamento di questa e fungendo da antigelo (Cevolani, 2021).

**CAPITOLO 4:**  
**CONTRIBUTO SPERIMENTALE**

## Introduzione

La pratica di razionamento nella Reggiana è descritta e regolamentata dal Disciplinare del Consorzio Vacche Rosse. Oltre ai divieti comuni al Parmigiano Reggiano tradizionale, quali ad esempio il divieto nell'uso di insilati, il Parmigiano Reggiano Vacche Rosse deve essere ottenuto da latte di vacche di razza Reggiana alimentate con almeno il 50% di sostanza secca dei foraggi proveniente da fieni. I foraggi devono provenire per almeno il 50% dai terreni aziendali ubicati all'interno del comprensorio, mentre nel caso della Reggiana devono essere almeno il 90% (nel caso del Parmigiano Reggiano tradizionale deve essere il 75%) di provenienza del Comprensorio. Le materie prime devono essere somministrate come pasti separati e non possono provenire da colture di organismi geneticamente modificati. Quando la stagione lo consente le Reggiane devono essere alimentate con sfalci di erba verde fresca ed eventualmente (quando il piano colturale aziendale è coltivato almeno per il 60% ad erba medica) con trinciato di mais, di origine 100% aziendale alla maturazione latteo-cerosa, somministrati immediatamente dopo la raccolta. Inoltre, è vietato l'utilizzo del piatto unico in quanto il razionamento e l'alimentazione vogliono essere il più simile possibile a quella naturale che quindi non prevede una forzatura dell'ingestione dell'alimento. Nelle razioni da Parmigiano Reggiano non possono essere utilizzati, da Disciplinare, sottoprodotti di alcun tipo, né allo stato fresco, né tantomeno allo stato conservato (Cevolani, 2014).

Lo scopo del presente studio è quello verificare come la formulazione e la composizione della dieta possano influenzare l'efficienza e la produttività dal punto di vista quali-quantitativo in questa razza autoctona a limitata diffusione, come descritto da molti autori per la Frisone Italiana.

Azienda	Coordinate geografiche	Tipologia di stabulazione
1	44.904037120484624, 10.095780668507434	Libera
2	44.91997342650956, 10.704075565175042	Libera
3	44.71926717368281, 10.750321123763051	Legata
4	44.66326495812765, 10.700105097694978	Libera
5	44.64428649974956, 10.49049311732634	Libera
6	44.716322873212384, 10.510294440026897	Libera
7	44.496547652849834, 10.53675354123176	Legata
8	44.484096841163606, 10.61670604001185	Legata
9	44.56384167461867, 10.300219067002384	Libera

Tabella 8 - *Descrizione delle aziende coinvolte nel progetto* (<https://www.razzareggiana.it/>).

## Materiali e metodi

Le 9 aziende che hanno aderito al progetto si trovano dislocate a diverse altitudini nel comprensorio del Parmigiano Reggiano nelle provincie di Parma (1 e 9) e Reggio Emilia (2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Queste sono tutte di medio-piccole dimensioni, alcune sono a stabulazione libera altre a stabulazione fissa (tabella 1). Il numero totale di capi considerati è stato di 673.

I criteri di selezione per la partecipazione allo studio sono stati:

- presenza di un gruppo di mungitura composto esclusivamente da vacche di razza Reggiana correttamente iscritte al libro genealogico di razza;
- pieno rispetto di quanto imposto dal Disciplinaire di produzione del Parmigiano Reggiano “Vacche Rosse”.

Al fine di poter trattare i dati aziendali, nel rispetto della riservatezza, è stata chiesta l’autorizzazione agli allevatori. I dati sono stati ricavati in collaborazione con il Consorzio Agrario



di Parma, l'Associazione Nazionale Allevatori di Bovini di Razza Reggiana e il Consorzio Vacche Rosse che hanno fornito le informazioni relative ai controlli funzionali.

Il periodo di tempo considerato nello studio si estende da giugno 2022 a settembre del corrente anno.

## Campionamenti

Il progetto ha previsto la raccolta di due campioni per stagione approssimativamente a distanza di 2 settimane l'uno dall'altro, per un totale di 8 volte all'anno per azienda ad intervalli regolari di 1,5 mesi.

I dati climatici su temperatura e umidità sono stati raccolti dal sito [www.meteo.it](http://www.meteo.it) che rilevava le temperature della stazione meteorologica ufficiale più prossima alla relativa azienda. I valori così ottenuti sono stati utilizzati per conoscere i livelli di THI, secondo la formula riportata dal NOAA (1976)  $THI = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,55 \times (\frac{UR}{100})] \times (1,8 \times T - 26)$ , dove T è la temperatura espressa in gradi Celsius (°C) ed RH è l'umidità relativa espressa in termini percentuali (%).

Il primo giorno di campionamento ha previsto la raccolta dati su:

- la tipologia di stabulazione;
- raccolta caratteristiche strutturali (m<sup>2</sup> per capo, numero di cuccette, numero di posti in mangiatoia, lunghezza della mangiatoria e profondità della stalla, presenza di ventilatori, numerosità e lunghezza alettoni, pendenza e lunghezza del percorso per raggiungere la sala di mungitura);
- condizioni degli animali (ore di esposizione al sole, lunghezza del mantello, stato di pulizia generale, indicatori comportamentali di stress);
- numero di mungiture e durata della stessa (ore/giorno);
- frequenza di alimentazione;
- controlli funzionali;
- numero di animali totali e di vacche in lattazione.

Su un campione corrispondente al 20% di ciascuna mandria è stato misurato:

- BCS secondo una scala da 1 a 5;
- peso vivo (kg);
- circonferenza toracica (cm);
- numero di lattazioni (da controllo funzionale).

Il BCS è stato stabilito mediante valutazione tattile e visiva, come descritto per le vacche da latte da Edmonson et al. (1989), considerando lo spessore dello strato adiposo sul posteriore, sul dorso e sul fianco dell'animale per stabilirne lo stato d'ingrassamento generale.

Sono stati raccolti i campioni di alimento (foraggi verdi e affienati, trinciato e mangimi) fornito alle vacche in lattazione nel corso delle 24 ore a partire dall'orario di inizio del campionamento. Il quantitativo di foraggi somministrato è stato prima pesato mediante la pesa di dotazione aziendale o, quando non presente, con un dinamometro digitale. Successivamente tutti i fieni sono stati campionati mediante una carotatrice per foraggi affienati e imballati, eseguendo 3 o 4 prelievi da diversi punti della palla mentre l'alimento verde è stato aliquotato direttamente dalla mangiatoia in almeno 5 diversi punti e poi mescolati a renderlo omogeneo.

I dati relativi al peso dei mangimi sono stati ricavati direttamente dall'autoalimentatore o dalle dichiarazioni dell'allevatore (quanto somministrato per capo direttamente in mangiatoia). Inoltre, sono stati prelevati dei campioni di mangime da diversi distributori automatici o dal contenitore di raccolta posto sotto i silos e per completezza si è proceduto a raccogliere il relativo cartellino dei prodotti commerciali riportante gli ingredienti e le analisi chimiche obbligatorie.

Il giorno a seguire sono stati richiesti all'allevatore la produzione quantitativa di stalla per mungitura, il numero di animali munti in cisterna e i campioni (250 ml cadauno conservati in frigorifero a 4-8°C) di latte della mungitura della sera del giorno precedente e della mattina stessa del secondo giorno di campionamento. La produzione media per capo è stata calcolata dividendo i kg di latte in cisterna con il numero di vacche munte nella stessa.

È stato misurato il peso degli avanzi in mangiatoia degli alimenti in eccedenza, accumulati dopo ogni pasto, prima che ne venissero somministrati di nuovi. Sottraendo ai kg di alimento forniti il peso dell'avanzo e dividendo per il numero di animali che vi avevano accesso è stata ottenuta l'ingestione media per capo durante l'arco della giornata. È poi stato raccolto un campione di feci dal retto di una parte rappresentativa del gruppo di lattazione corrispondente a un 30% oppure direttamente dalla corsia di alimentazione. Dopo che è stato omogeneizzato, si è misurato il pH (tramite pHmetro portatile digitale) e il fecal score (FS), come descritto da Kononoff et al. (2002).

## **Analisi chimico-nutrizionali**

Tutti i campioni di alimento e le feci sono stati pesati con una bilancia a due decimali e posti in stufa a 55°C fino a peso costante (circa 72 ore). Dopo l'essiccazione i campioni sono stati nuovamente pesati con lo stesso strumento usato in precedenza. Il peso secco e la tara sono stati

sottratti al peso umido del campione (composto dal peso del campione e dalla tara) per ottenere la preumidità. Il campione così ottenuto è stato macinato con un mulino Retch SK (Bauknecht, Stoccarda, Germania) e sono stati setacciati attraverso una maglia da 1 mm. Il contenuto di SS è stato determinato ponendo il campione a 103°C per circa 12 ore per sottrarre l'umidità relativa e ottenere per differenza l'umidità residua. Infine il contenuto di ceneri è stato determinato mediante combustione in muffola a 550°C (European Commission, 2009).

Le frazioni fibrose (aNDFom e ADFom) sono state analizzate secondo il metodo descritto da Van Soest et al. (1991) che prevede l'utilizzo di un detergente neutro e di amilasi termostabile con l'ausilio di un macchinario a sistema semiautomatico per la fase di bollitura e filtrazione (FI-WE Raw Fiber Extractor; VELP Scientifica, Usmate Velate, Italia). Il valore di aNDFom è espresso al netto delle ceneri residue. Il metodo per ottenere l'ADFom segue lo stesso procedimento ma il detergente utilizzato è acido e anch'essa viene espressa al netto delle ceneri residue. Il contenuto di lignina (ADL) è stato ottenuto mediante l'utilizzo del metodo descritto, ancora una volta, da Van Soest et al. (1991), mediante solubilizzazione della cellulosa in acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

L'aNDF è stato determinato utilizzando un'amilasi termostabile, senza l'aggiunta di solfito di sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) ed è stato espresso includendo le ceneri residue.

I crogioli per l'analisi di ADL sono stati impiegati per ottenere le ceneri residue delle frazioni fibrose. Per determinare l'azoto legato alle frazioni fibrose (NDIN e ADIN) sono stati utilizzati tutti i crogioli eccetto che per quelli di ADL, aNDF e ADF.

Il contenuto di azoto è stato determinato mediante combustione a 900°C in sovrappressione di ossigeno grazie al dispositivo Dumatherm® (Gerhardt GmbH & Co, Königswinter, Germany).

Il contenuto proteico (Crude Protein) dell'alimento è stato calcolato come percentuale moltiplicando l'azoto ottenuto dall'analisi con Dumatherm® per il fattore 6,25.

Il contenuto di amido è stato determinato con due diversi metodi, il polarimetrico (European Commission, 2009) e il colorimetrico-enzimatico usando il kit di analisi per il dosaggio dell'amido Megazyme (Intl. Ireland Ltd., Co. Wicklow, Ireland) secondo il metodo ufficiale dell'AOAC 2014.10.

L'analisi dei grassi è stata eseguita su tutti i campioni di mangime tramite il metodo descritto dall'AOAC 920.39.

La digeribilità delle frazioni fibrose (NDFD) è stata ottenuta per fermentazione in vitro come descritto da Goerig e Van Soest nel 1970. È stato impiegato un ruminante artificiale modificato come descritto da Righi et al. (2009) che prevede l'immersione delle beute contenenti il campione, la

saliva artificiale, la riducente e il liquido ruminale, prelevato presso il macello da 4 ruminanti di vacche adulte come descritto da Simoni, et al. (2020), in un bagno termostato a 39.5°C in condizioni di anaerobiosi. I microrganismi precedentemente standardizzati hanno ridotto le concentrazioni dei nutrienti e questo ha permesso di creare una curva di digeribilità basata sulla velocità di degradazione dell'alimento e sulla quantità digerita su più tempi, che variano sulla base della tipologia di campione. Sui foraggi sono state condotte 4 digeribilità (a 12, 30, 120 e 240 ore) e 3 sui mangimi (a 12, 72 e 120 ore). La frazione fibrosa non degradabile (uNDF) a livello del ruminante si è ottenuta per sottrazione al peso totale della porzione indigeribile (Raffrenato et al., 2008).

Per stimare la qualità e l'attitudine casearia del latte sono stati analizzati i valori di lattosio, grasso, proteine, urea, caseine, solidi totali (TS) e SNF mediante il The MilkoScan™ FT3 (FOSS Italy S.r.l., Padova, Italia) mentre il Fossomatic™ 7 DC (FOSS Italy S.r.l.) ha permesso di analizzare le cellule somatiche (conta SCC e DSCC). Infine con il MAPE System Idg 2.0s (Ma.Pe. System SRL, Firenze, Italia) ha permesso di determinare i parametri di coagulazione del latte RCT, A30, K20, A60 e Amax.

L'elaborazione dei dati sulle misurazioni degli animali, sugli alimenti e sull'ambiente di allevamento ha permesso di ricostruire le diete somministrate. Quest'elaborazione è stata effettuata sul sistema NDS Dynamic System, sviluppato da RUM&N in collaborazione con il dipartimento di scienze animali della Cornell University sulla base del modello CNCPS vers.6.5/v6.55 che ha permesso di ottenere una stima realistica delle razioni fornite, prevedere l'efficienza produttiva attesa della mandria e compararla con quella effettiva al fine di stimare l'idoneità della razione al sostentamento energetico e proteico degli animali.

## **Analisi statistica**

I dati stimati dal software NDS, sulla composizione chimica delle razioni e relativamente al modello animale che fa riferimento alla razza Pezzata Rossa, sono poi stati trasposti sul software Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2019) e successivamente IBM® SPSS® v.26.

Questo ha permesso di cercare una correlazione fra i dati climatici e strutturali, sulle analisi chimiche del latte e le sue caratteristiche reologiche e sulle analisi analitiche dell'alimento al fine di stabilire le linee guida per l'alimentazione delle bovine in lattazione di razza Reggiana.

## Risultati e discussione

### Caratteristiche della popolazione bovina studiata

La popolazione cumulativa delle 9 aziende era composta da 673 vacche fra le quali, come atteso, si trovano sia bovine primipare che multipare, a diversi stadi di lattazione. Sul 20% delle bovine di ciascuna stalla sono state condotte le misurazioni morfometriche precedentemente descritte ed atte a favorire una più accurata stima dei fabbisogni.

Azienda	Numerosità media di stalla	Totale capi	Peso medioallevamento (kg)	Peso vacche mature (kg)	BCS medio capi al controllo	Giorni medi lattazione	Età media in mesi
1	151	673	556	654	3,3	172,6	48,77
2	56		598	642	3,3	136,1	64,65
3	37		592	655	3,2	132,7	50,64
4	103		595	602	3,2	177,0	70,46
5	62		531	570	3,1	196,6	59,99
6	107		635	658	3,3	233,2	82,53
7	38		571	606	3,2	227,8	57,95
8	48		595	607	3,3	167,9	71,01
9	71		664	710	3,5	269,9	69,81
Media			592,94	633,89	3,27	190,33	63,98

Tabella 9 – I dati riportati costituiscono una **media delle due stagioni** interessate dallo studio suddivise per singola azienda

Il peso medio delle bovine conferma che si tratta di una razza di media mole. Tuttavia, quanto riportato da ANaBoRaRe è più in linea con il peso delle vacche mature, quindi con più di due lattazioni, piuttosto che con il peso medio generale. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che le vacche considerate nel campione erano composte anche da primipare, quindi animali ancora in fase di accrescimento.

Il BCS ha permesso di constatare che le vacche erano tutte in buono stato di nutrizione a prescindere dallo stadio di lattazione. Tuttavia, è necessario specificare che la scala di valutazione è stata condotta come descritto da Edmonson et al (1989) per le vacche da latte e non considera la duplice attitudine della Reggiana.

### Composizione delle diete

La composizione chimica delle diete, stimata attraverso il software di razionamento NDS partendo dalle analisi dei singoli alimenti costituenti la dieta, ha rivelato che il rapporto fra foraggi e concentrati (F:C) è molto alto rispetto alle diete convenzionali, questo anche a causa di quanto imposto dal disciplinare di produzione. Tuttavia, questo riduce l'energia a disposizione

per sostenere le produzioni, anche se consente di rispettare la normale fisiologia digestiva dei ruminanti. Il maggior contenuto di fibra, infatti, impedisce l'esubero di acidi organici che porterebbero a un abbassamento del pH ruminale, oltre a stimolare la ruminazione e la conseguente produzione di saliva ad effetto tampone sull'ambiente ruminale (Cevolani, 2021).

Composizione della dieta	Estate		Inverno	
	kg di alimento	kg SS	kg di alimento	kg SS
<b>Fieni</b>	11,35	9,74	14,92	12,81
<b>Foraggi freschi non affienati</b>	22,64	6,89	-	-
<b>Concentrati</b>	4,39	3,97	4,35	4,23
<b>Totale razione somministrata</b>	38,38	20,6	19,27	17,04

Tabella 10 – Descrizione delle **componenti della dieta** durante i periodi di campionamento.

Dalla tabella si evince come in estate la sostanza secca media sia piuttosto scarsa, se paragonata ai kg di assunzione totale. Questo è dovuto all'elevata umidità dei foraggi verdi e per questo l'ingestione di SS è limitata al peso medio di 20,6 kg. L'erba medica è il foraggio che viene somministrato fresco in maggior quantità e a seguire vi sono il prato polifita stabile e il trinciato di mais.

Nel periodo invernale l'ingestione media di SS è anch'essa ridotta e si aggira attorno ai 17,04 kg.

Tutte le aziende somministravano concentrati commerciali, eccetto l'azienda 9 che invece somministrava una miscela di autoproduzione a base di cereali e NaCl.

Come già ricordato, la media della composizione chimica delle diete delle diverse aziende (tabella 2) sono state ottenute dal software NDS in cui sono stati inseriti tutti i dati delle analisi chimiche dei singoli ingredienti che componevano la razione di ciascuna azienda.

<b>Componente nutrizionale</b>	<b>Quantità (%)</b>	<b>Quantità estiva (%)</b>	<b>Quantità invernale (%)</b>
<b>Proteina grezza</b>	14.46	14.23	14.7
<b>RDP</b>	9.67	9.53	9.81
<b>RUP</b>	4.82	4.7	4.94
<b>aNDFom</b>	42.94	42.94	41.83
<b>ADF</b>	27.80	28.09	27.52
<b>ADL</b>	5.49	5.34	5.64
<b>NFC</b>	32.36	31.77	32.96
<b>Emicellulosa</b>	15.13	15.96	14.3
<b>Cellulosa</b>	22.31	22.74	21.88
<b>Amido</b>	15.05	14.55	15.54
<b>EE</b>	2.44	2.42	2.47
<b>TDN</b>	60.67	59.83	61.52

Tabella 11 – Quantitativi percentuali delle **componenti nutrizionali medie** delle razioni.

È stato così possibile confrontare le composizioni medie delle diete somministrate alle bovine studiate, con l’apporto ottimale per le vacche da latte. Nella fattispecie, quale termine di confronto, è stata utilizzata la razza Pezzata Rossa in quanto più simile alla Reggiana per caratteristiche morfologiche e produttive, rispetto ad altre razze presenti sul software. La componente proteica (PG, RDP, RUP) è nella norma, le frazioni fibrose (NDF, ADF, ADL) si trovano in eccesso a causa dell’elevato rapporto di F:C, mentre amido, NFC (carboidrati non fibrosi) e gli estratti eterei (EE) sono carenti (tabella 6 capitolo 2). Secondo il disciplinare del Parmigiano Reggiano l’apporto di grassi è limitato a 300 gr/capo/giorno; tuttavia nessuna azienda ha fornito agli animali un’integrazione lipidica.

Inoltre, è da considerare che la bovina Rossa Reggiana potrebbe non raggiungere un livello sufficiente di conversione dell’alimento in produzione (FCR) anche qualora venisse alimentata con una razione ad alto tenore di energia, in quanto si tratta di un animale piuttosto rustico e poco selezionato per i caratteri di efficienza in termini di produzione lattifera.

## Efficienza produttiva

Parametro	Media	Minimo	Massimo
<b>Produzione di latte media (kg/capo)</b>	19,34	15,5	25
<b>ECM (kg)</b>	17,88	14,50	23,2
<b>Grasso (%)</b>	3,46	2,36	4,27
<b>Proteine (%)</b>	3,34	3,12	3,52
<b>Lattosio (%)</b>	4,72	4,55	4,86
<b>Caseine (%)</b>	2,65	2,47	2,84
<b>SCC (x10<sup>3</sup>/ml)</b>	248	80	430
<b>Urea (mg/dL)</b>	32	22	39

Tabella 12 – **Composizione chimica media del latte** di Reggiana nelle 9 aziende interessate dal progetto. La ECM calcolata su 36 campioni ha portato ad avere una media di 17,81 kg con una deviazione standard di 1,91.

L'efficienza produttiva della mandria complessiva è stata valutata attraverso il parametro Nitrogen Use Efficiency (NUE) che indica in percentuale quanto dell'azoto assunto con l'alimento (totale) viene trasformato in azoto produttivo (MNE) e quindi calcolata come:

$$NUE = \frac{N \text{ produttivo}}{N \text{ totale}}$$

Il parametro della dieta che maggiormente influisce sulla NUE è il contenuto proteico (grafico 1) col quale è correlato negativamente, in accordo con Katongole e Yan (2020). Questo perché all'aumentare del contenuto di proteine grezze, di RDP ( $r = -0,596$ ;  $p = 0,007$ ) e RUP ( $r = -0,439$ ;  $p < 0,001$ ) si ha una maggior perdita di azoto perché un quantitativo maggiore sfugge all'assorbimento intestinale, andando a ridurre l'efficienza (grafico 15).

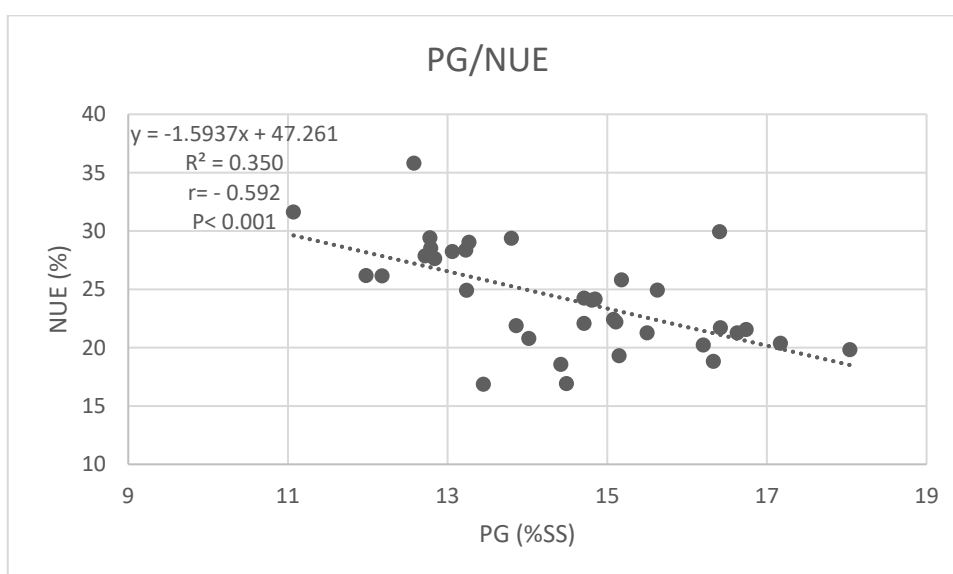


Grafico 1 – La correlazione fra il contenuto di **proteina** percentuale nella razione (PG) e l'**efficienza azotata** è negativa



Un input che, invece, ha dimostrato essere in grado di migliorare l'NUE è il contenuto di amido (grafico 2). Questo è dovuto, anche secondo Ipharraguerre e Clark (2005), al consumo sinergico di proteine e carboidrati da parte dei microrganismi presenti nel tratto digestivo durante il processo fermentativo, con maggiore produzione di proteina microbica. Il grafico 2 mette in evidenza come l'aumento del contenuto di amido fino a livelli del 21% possa aumentare l'efficienza di utilizzo dell'azoto in modo lineare, con un NUE massimo stimato riscontrabile a livelli di amido prossimi al 20%.

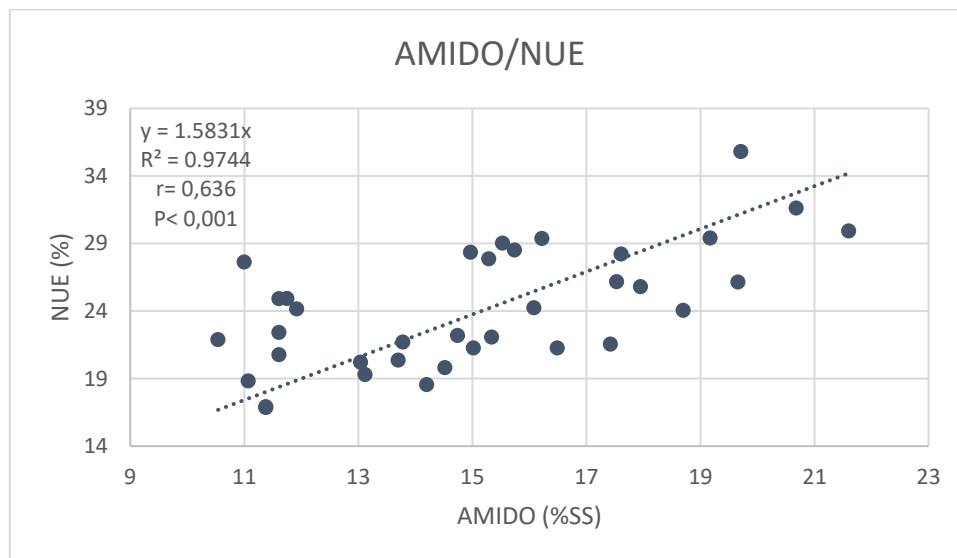


Grafico 2 – Relazione fra il contenuto di **amido** ed **efficienza azotata** presenta una correlazione positiva

Al momento, con l'attuale sistema di razionamento, nella Reggiana la quantità media di azoto in eccesso stimata teoricamente da NDS ammonta a 51 grammi, con un valore massimo di 143 quando la proteina somministrata è superiore al 18% e valori di eccesso azotato sensibilmente inferiori (sotto ai 10 gr) quando la PG è minore del 12-13%.

## Parametri di efficienza alimentare e componenti della dieta

Come parametro di valutazione dell'efficienza alimentare è stato scelto l'Energy Corrected Milk, calcolato come descritto da Sjaunja et al. (1990), il quale indica la quantità di latte prodotto corretto per la quantità percentuale di grasso, proteine e lattosio.

La componente alimentare che si è dimostrata maggiormente influente sulla ECM è la quantità di proteina grezza nell'alimentazione (grafico 3). Questo è dovuto al fatto che il parametro considera anche la composizione del latte in termini di proteina, parte della quale deriva dalla componente dietetica. La resa massima di ECM, secondo il National Research Council (2001), tuttavia, deriverebbe da un corretto apporto di amminoacidi limitanti, quali lisina e metionina in

rapporto 3:1 e corrispondenti al 2,5-7,5% del totale delle proteine metabolizzabili. Come si evince dal grafico 3, l'ECM aumenta all'aumentare del contenuto proteico della razione, con un massimo teorico al 18% di PG, ma un massimo riscontrato fra il 16 ed il 17% di PG.

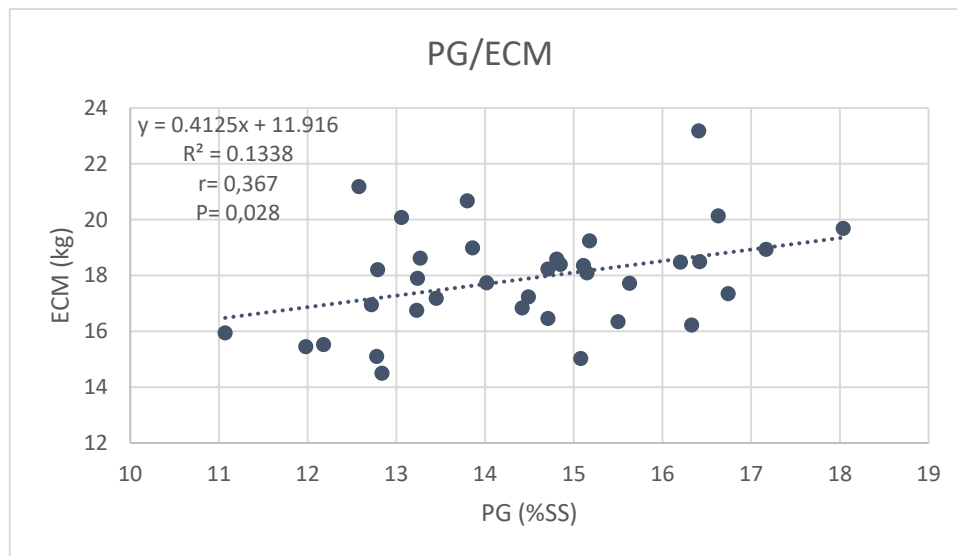


Grafico 3 – La relazione fra il contenuto di **proteina** nella razione ed **Energy corrected milk** è positiva.

Il valore percentuale di ECM, invece, cala quando aumenta la quantità di foraggi nella razione (grafico 4). Questo è spesso giustificato da una minor concentrazione energetica della razione. Questo riscontro è coerente con il fatto che l'ECM aumenta all'aumentare del contenuto di amido della razione in quanto l'apporto di energia, che proporzionalmente ne deriva, è maggiore (grafico 5). Dal grafico 4 si evince che il miglior rapporto fra foraggi e concentrati, che permette di ottenere un ECM superiore a 20 kg, va da 1,4 a 2,0. Il range ottimale risulta essere piuttosto ampio e dipende dalla qualità dei foraggi, ossia dal loro contenuto di NDF ( $r = 0,573$ ;  $P < 0,001$ ).

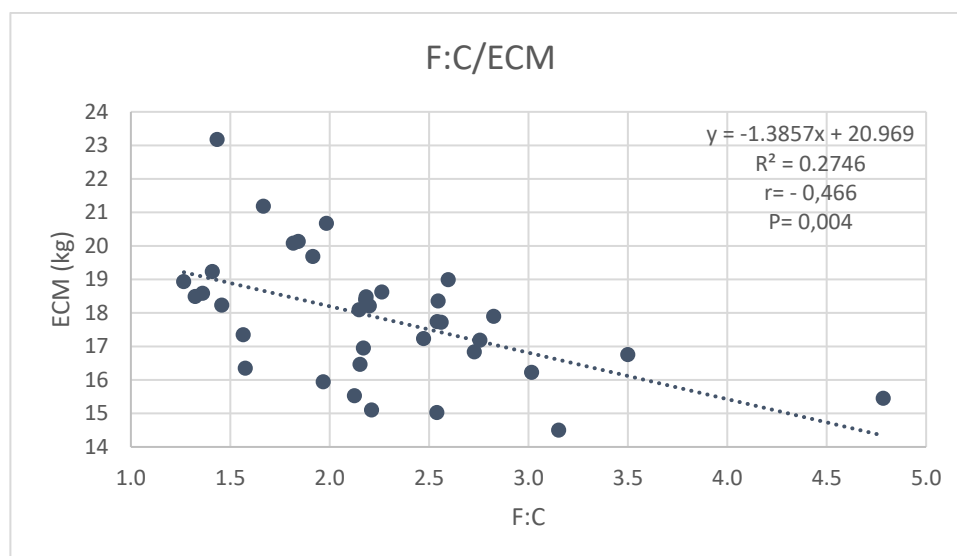


Grafico 4 – Rapporto di correlazione generale fra **F:C** ed **ECM**

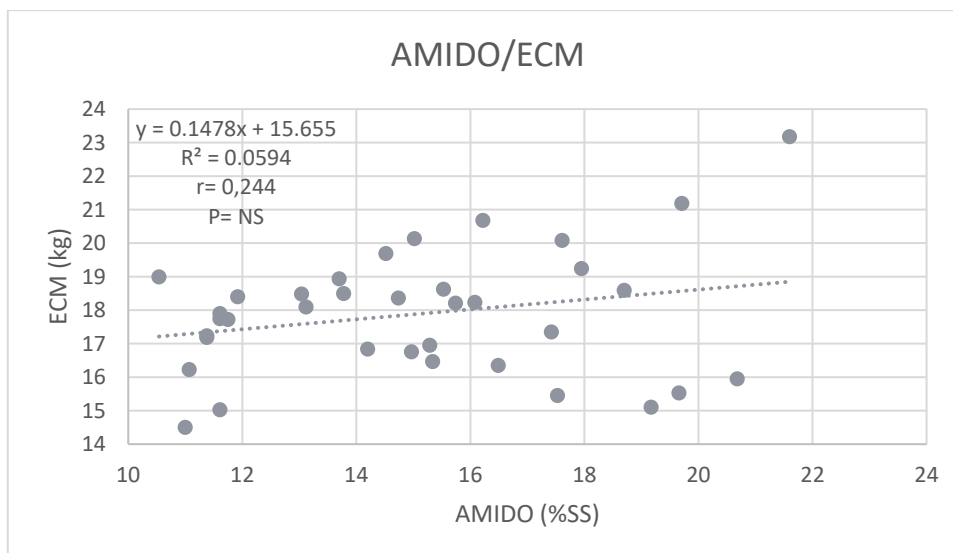


Grafico 5 - Rapporto di correlazione fra **amido** ed **ECM**

Il parametro Fat Corrected Milk (FCM), ovvero la quantità di latte prodotto corretto per il contenuto di grasso, invece non subisce modificazioni significative in quanto la maggior proporzione di foraggi stimola i microrganismi produttori di acetato, il precursore del grasso nel latte.

La razione estiva, sebbene presenti un rapporto F:C maggiore (2,42) rispetto all'inverno (2,02), non è in grado di stimolare altrettanto bene la produzione di grasso. Questo è dovuto probabilmente all'elevata velocità di passaggio dell'alimento nel tratto intestinale dovuta al quantitativo elevato di foraggi freschi (Owens et al., 2008)

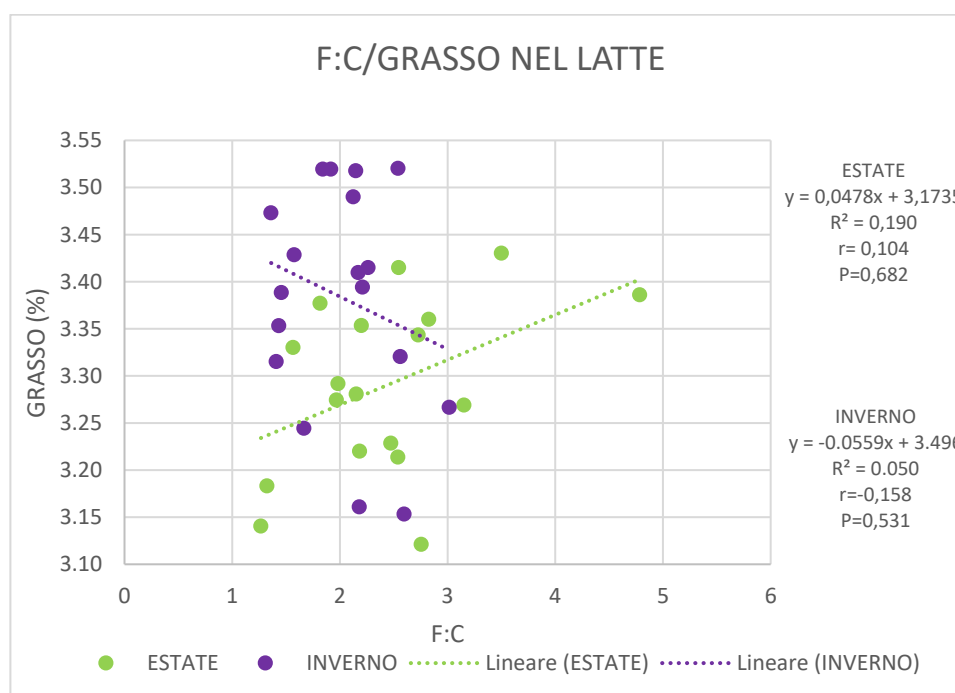


Grafico 6 - Correlazione stagionale fra il rapporto **F:C** sul **grasso nel latte**

## Condizioni climatiche ed alimentazione

Il valore di THI in letteratura è risultato essere negativamente correlato con l'ingestione di SS in quanto il disagio termico ridurrebbe l'ingestione. Dallo studio è emerso, invece, come nella bovina di razza Reggiana tale problema non sussista: infatti l'ingestione media in estate era addirittura maggiore (20,58 kg di SS) rispetto all'inverno (19,95 kg). Appare quindi molto probabile che l'utilizzo di foraggi freschi stimoli l'assunzione di SS. Tuttavia, le razioni estive non forniscono comunque sufficiente energia infatti sebbene il foraggio verde contenga più zuccheri fermentescibili, MP e minore quantità di lignina, così come già osservato anche da Hansen et al. (2022), la digeribilità totale della razione stimata dal software è comunque più ridotta e per questo lo è anche la FCR.

Parametro	Estate	Inverno
Ingestione di SS	20.60	17.04
Produzione di latte	19.36	19.5
FCM	17.41	18.26
FCR	0.94	1.14
TDN	59.83	61.52
ECM	17.43	18.33

Tabella 13 – Differenze dei parametri ingestione di SS (kg/capo/giorno), produzione di latte (kg), Fat Corrected Milk (kg), Feed Conversion Rate, Total Digestible Nutrient (%SS) e Energy Corrected Milk (kg).

È interessante notare come risulti essere significativo ( $P= 0,015$ ) in estate e non in inverno (grafico7). In estate la dieta ha una maggior velocità di passaggio a causa della presenza di foraggi freschi, per cui l'importanza dell'aggiunta di amido risulta maggiore che non in inverno perché molto di questo non viene assorbito dall'animale e finisce nelle feci.

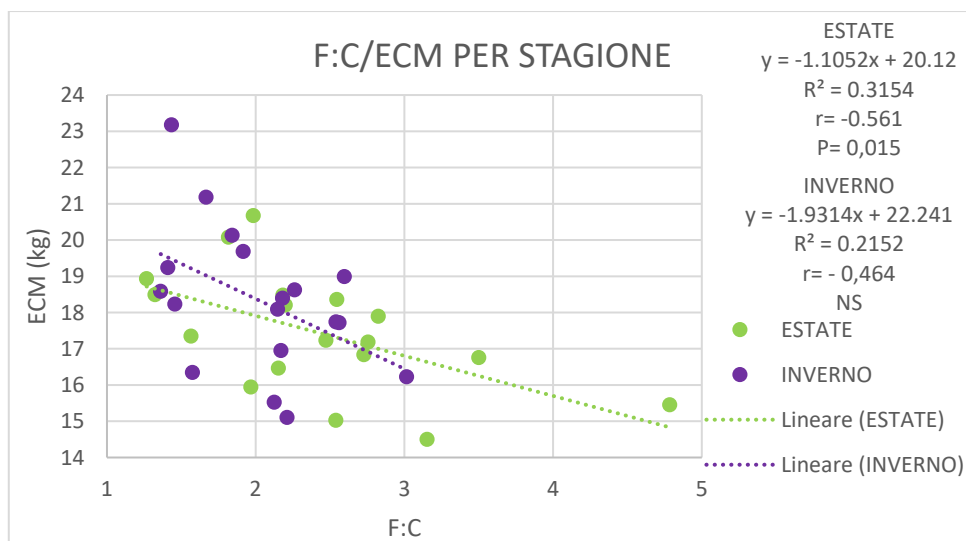


Grafico 7 - Correlazione fra il rapporto foraggi concentrati ed Energy corrected milk su base stagionale

## Componenti della dieta ed emissioni

La correlazione più forte è stata stimata tra l'output emissioni di gas climalteranti e la caratteristica di efficienza alimentare o Feed Conversion Rate, calcolata come:

$$FCR = \frac{\text{kg di produzione}}{\text{kg di SS ingerita}}$$

Al contrario di quanto riportato da Callegaro et al. (2022), che hanno riportato correlazioni deboli e moderate (0,12–0,31), le correlazioni di Pearson tra il parametro FCR e le emissioni dei due gas serra variavano da - 0,555 per il CH<sub>4</sub>, con significatività  $p < 0,001$ , e  $r = - 0,487$  con  $p = 0,003$  per la CO<sub>2</sub> (grafico 8) mentre per l'NH<sub>3</sub> i risultati non erano significativi. La produzione di maggiori quantità di GHG secondo Beauchemin et al. (2020) dipende, oltre che dall'ingestione di SS, anche dalla fermentescibilità dell'alimento, per questo motivo quando la fermentescibilità dell'alimento è maggiore si assiste a un aumento della metanogenesi ruminale.

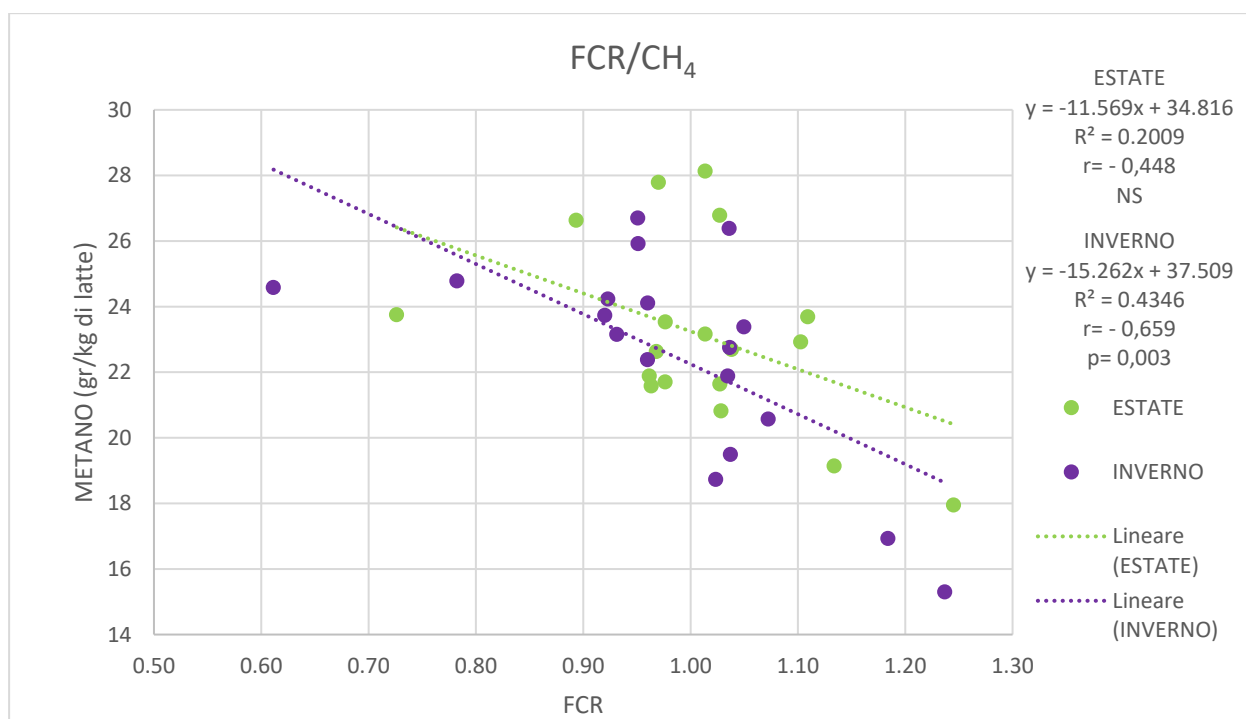


Grafico 8 - Correlazione stagionale fra l'input **Feed Conversion Rate** e l'output **emissioni di metano per kg di latte**.

La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è, invece,  $r = - 0.572$  e  $P < 0,001$ .

Come descritto da Garnsworthy (2004) la produzione di metano cala esponenzialmente quando la produzione di latte raggiunge una certa quota. Questo è dovuto al fatto che i fabbisogni di mantenimento si riducono esponenzialmente in proporzione alla produzione di latte.

## Amido

Il contenuto di amido nella razione si è rivelato essere correlato negativamente con l'escrezione di azoto e l'emissione teorica di gas quali CO<sub>2</sub> (grafico 9) e CH<sub>4</sub> (grafico 10), come confermato anche dalla letteratura. Questo dipende dal fatto che alimenti ricchi di amido promuovono le fermentazioni propioniche con sottrazione all'ambiente ruminale di ioni H<sup>+</sup>. Ancora una volta i valori di amido sulla SS% della razione che sono in grado di ridurre le emissioni dei due gas sono uguali o superiori al 20%.

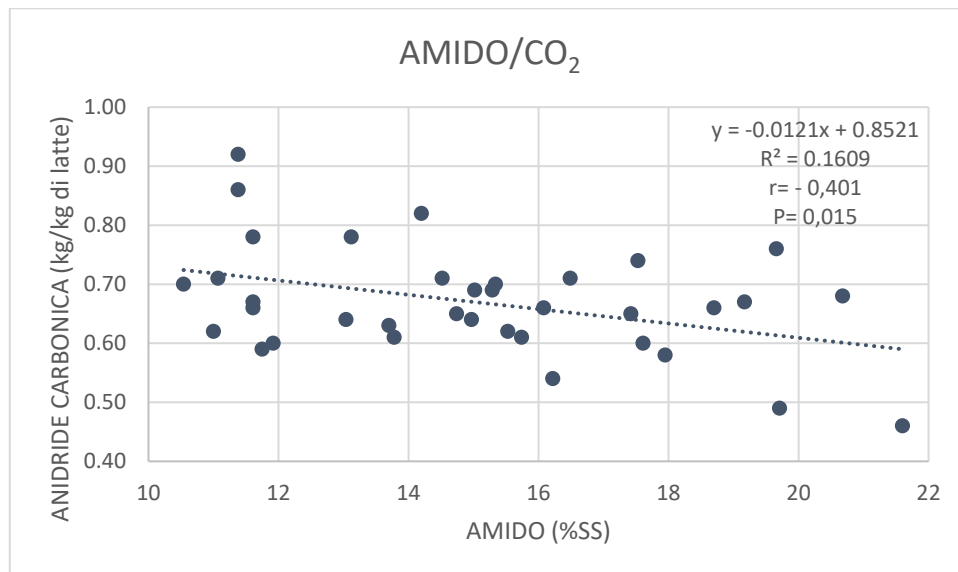


Grafico 9 - Relazione fra il **contenuto di amido nella razione** e le **emissioni di CO<sub>2</sub>** stimate dal sistema NDS

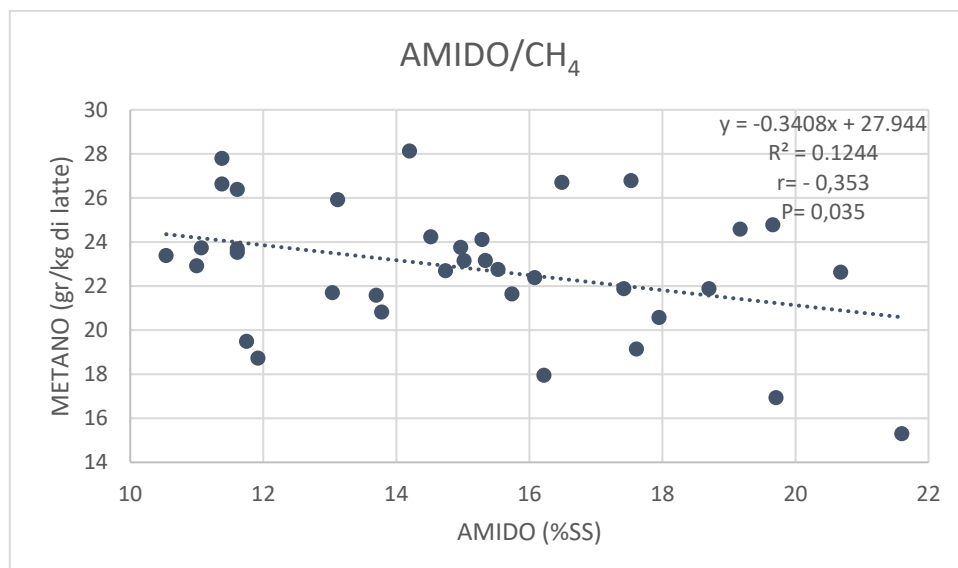


Grafico 10 - Correlazione negativa fra il contenuto di **amido** nella razione ed **emissioni di CH<sub>4</sub>**

Secondo Sinclair et al. (2013), fra le strategie alimentari più idonee a correggere gli squilibri aminoacidici e a ridurre la perdita azotata vi è l'aumento del quantitativo di amido nella razione

(grafico 11). Il risultato parrebbe essere lo stesso ottenuto dalla riduzione del contenuto proteico di 150 gr/kg di SS. A livelli di amido superiori al 17% si assiste a una riduzione sostanziale dell'eccesso di azoto.

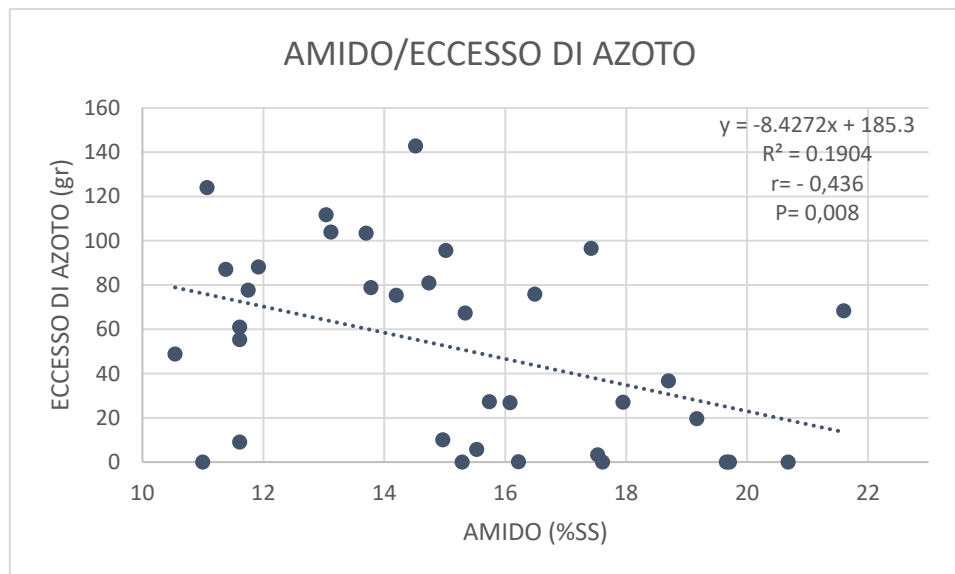


Grafico 11 - Rapporto di correlazione fra il **contenuto di amido** ed **eccesso di azoto**

## Frazioni fibrose

Così come dimostrato da Garnsworthy e Yates et al. (2000) il quantitativo di frazioni fibrose impatta positivamente sulle emissioni di CH<sub>4</sub> (grafico 13) e CO<sub>2</sub> (grafico 12). Questo perché i foraggi ricchi di carboidrati strutturali determinano un aumento delle fermentazioni acetiche e butirriche maggiore rispetto a diete con maggior contenuto di carboidrati non-fibrosi (Van Kessel & Russel, 1996). Il motivo è che la produzione di queste due molecole, porta alla liberazione di ioni H<sup>+</sup>. Dato che il rumine è un ambiente anaerobio, in assenza di ossigeno l'accettore finale degli H<sup>+</sup> è il carbonio e questo porta alla formazione della molecola di metano. Si stima che circa l'87% del metano sia prodotto nel rumine e il 13% nell'intestino crasso (Ronchi et al., 2020).

Nel caso studio, quando i quantitativi di NDF sono maggiori, quindi in estate (44,05 di aNDFom) rispetto all'inverno quando il contenuto di NDF è di 41,83, si assiste rispettivamente a 23,13 e 22,5 gr di CH<sub>4</sub> emessi/kg di latte e a 0,68 e 0,66 gr di CO<sub>2</sub>/kg di latte. Tuttavia, solamente il contenuto di cellulosa per gli alimenti della stagione invernale è risultato essere correlato in maniera statisticamente significativa con la produzione di gas serra, con  $p=0,005$  per il CH<sub>4</sub> e  $p=0,002$  per la CO<sub>2</sub>.

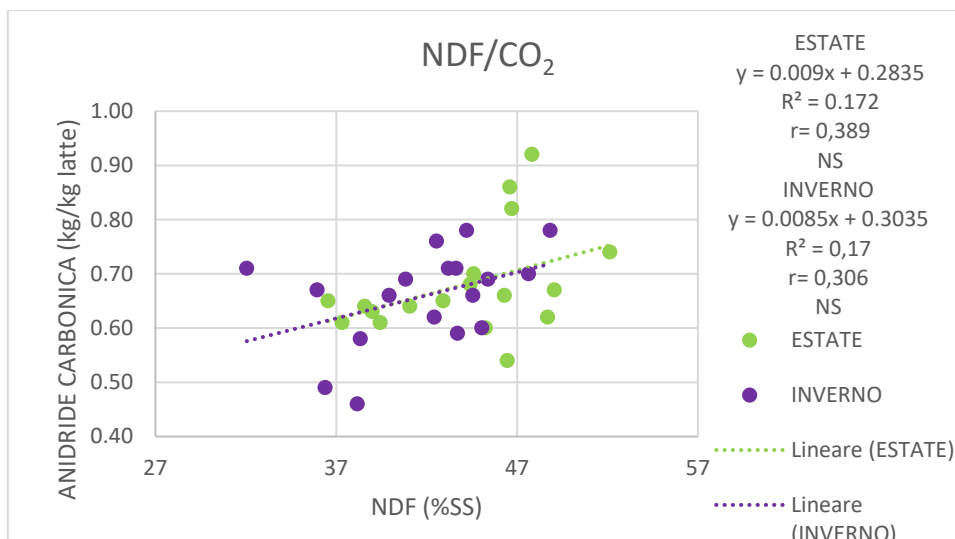


Grafico 12 – Rapporto di correlazione fra **NDF** e **CO<sub>2</sub>**. La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è, invece,  $r = 0,451$  e  $P = 0,006$ .

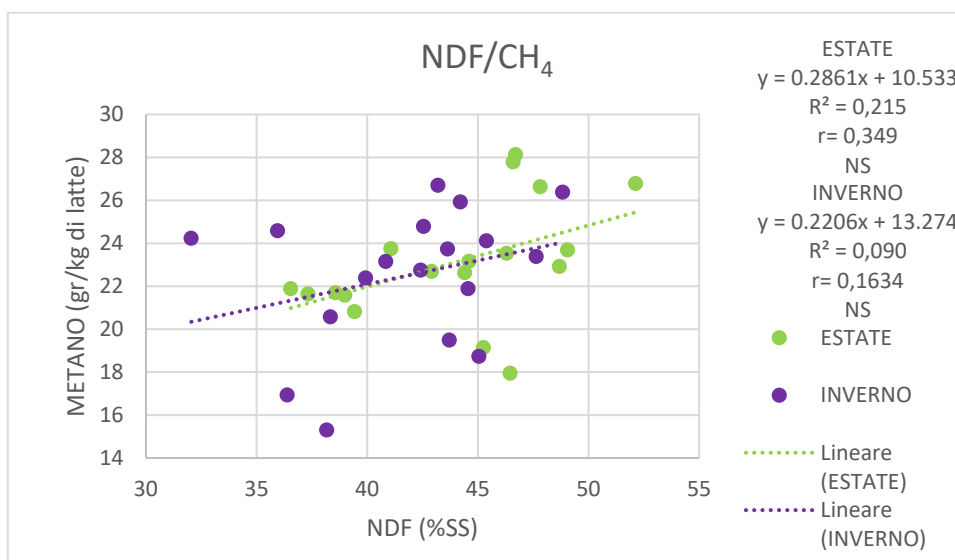


Grafico 13 – Il coefficiente angolare della retta di regressione risulta essere più alto di quello dell'amido, a riprova di un effetto maggiore dell'**NDF** sulla **metanogenesi** rispetto all'**amido** (grafico 10). La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è  $r = 0,393$  e  $P = 0,018$ .

L'ADL si è dimostrata come l'unica frazione fibrosa impattante sull'eccesso azotato (grafico 14). Questo è dovuto al fatto che diete ricche di ADL sono anche meno digeribili. Contenuti di lignina superiori al 4% sulla SS determinano un incremento delle perdite azotate.



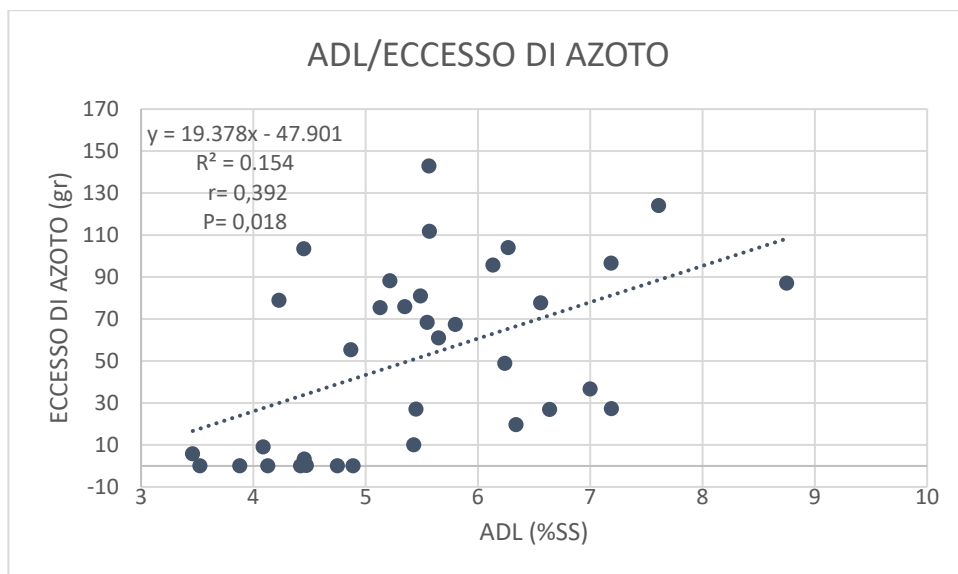


Grafico 14 – Grafico a dispersione che indica il rapporto di correlazione fra il contenuto di **ADL** espresso come percentuale di SS e l'**azoto in eccesso**.

## Apporto proteico

L'alimentazione incide sulla quantità di azoto escreto dal momento che la razione non è bilanciata in termini di proteina. Quando questo è in eccesso si tradurrà in una perdita di componenti azotati con le urine, le feci e con il latte sotto forma di urea, il metabolita che deriva dalla detossificazione dell'ammoniaca da parte del fegato (Satter et al., 2002; Huhtanen & Hristov, 2009; Andreas et al., 2017).

Come descritto in letteratura da diversi autori, il grafico 15 mostra la correlazione che vi è fra l'azoto fornito sottoforma di proteine e l'eccesso di azoto. Risulta evidente come condizioni di eccesso azotato minimo si verificano intorno al 13% di PG, anche se, come mostrato nel grafico 3, livelli di produttività massimi (ECM) si realizzano fra il 16 ed il 17% di PG. In linea teorica quindi, in riferimento a questo parametro preso singolarmente, si potrebbe affermare che il giusto compromesso fra sostenibilità ambientale, economica e produttività possa attestarsi intorno al 15% di PG.

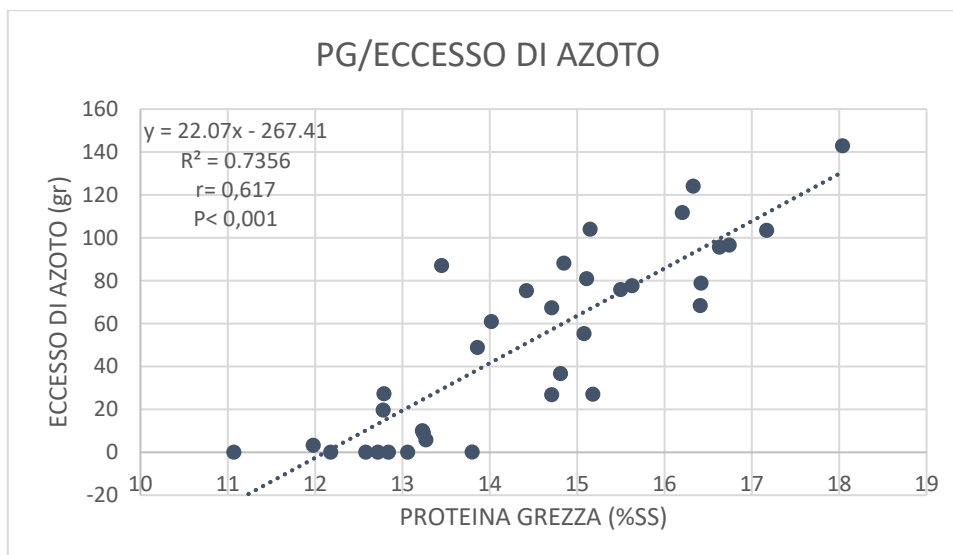


Grafico 15 - *Contenuto proteico della razione ed eccesso di azoto*

## Conclusioni

L'obiettivo della moderna zootecnia è quello di incrementare la produzione di latte evitando al contempo di sprecare elementi nutritivi. Questo permetterebbe di produrre in maniera più sostenibile e ridurre l'impatto ambientale del settore.

L'emissione di gas ad effetto serra da parte degli allevamenti può essere ridotta con una gestione più attenta dell'alimentazione e della tecnica di razionamento, ma mai azzerata in quanto facente parte della normale fisiologia digestiva dei ruminanti. Anche l'aumento dell'efficienza stessa dell'animale porta a un calo proporzionale della quantità di gas emessa per kg di produzione, quindi è importante contribuire al miglioramento della qualità e quantità delle produzioni per aumentare la sostenibilità dell'allevamento della bovina da latte.

In quest'ottica di miglioramento si inseriscono la tecnologia e il Precision Feeding che permettono di raggiungere contemporaneamente l'equilibrio fra corretta alimentazione, miglior controllo gestionale e impatto ambientale.

Sulla base di quanto riportato in letteratura per le razze bovine da latte cosmopolite sono state stimate l'efficienza produttiva e alimentare di una razza autoctona il cui latte è impiegato per la produzione di Parmigiano Reggiano. L'efficienza produttiva è poi stata utilizzata per la stima dell'impatto ambientale in termini di emissioni di gas ad effetto climalterante e di perdite azotate.

I dati ottenuti tramite il software di razionamento Nutritional Dynamic System (NDS) Professional hanno permesso di confermare che molti aspetti relativi all'impatto ambientale, studiati da più autori a livello internazionale, sono validi anche nella razza Reggiana.

È infatti emerso che per massimizzare la produzione e al contempo ridurre le emissioni dei principali gas ad effetto climalterante, i principali aspetti da controllare per le bovine di razza Reggiana riguardano il contenuto proteico, l'apporto di amido ed il rapporto foraggi concentrati. L'elevata percentuale di proteina nella razione è la principale causa di eccesso di componenti azotate e, sebbene valori attorno al 16% di proteine grezza portino ad avere una massima ECM, già al valore di 13% di proteina sulla sostanza secca si riscontra una perdita repentina di efficienza azotata. Il contenuto di amido, al contrario, permette di migliorare l'ECM e l'efficienza azotata e ridurre le emissioni spostando i processi fermentativi verso la produzione di acido propionico, andando al contempo a fornire maggior energia per la produzione di latte. Si è riscontrato, tuttavia, che i quantitativi di amido sulla sostanza secca sono piuttosto lontani dal livello apparentemente ottimale del 20% della sostanza secca, questo anche a causa dell'elevato rapporto foraggi-concentrati.

I risultati ottenuti suggeriscono la necessità di perfezionare la formulazione delle razioni, riformulare le razioni correggendole per i quantitativi sopraelencati e diminuendo il contenuto totale di NDF mediante la riduzione del contenuto della componente foraggera e migliorando la qualità dei foraggi somministrati.

Relativamente al fattore climatico, non sono state riscontrate particolari differenze in merito alle necessità alimentari nelle due stagioni confrontate (estate e inverno). Un andamento interessante è stato tuttavia osservato per quanto riguarda la relazione fra il rapporto F:C e il livello di grasso nel latte. Quest'ultimo sembra incrementato in estate in presenza di maggiori quote foraggere, mentre il riscontro appare opposto nel periodo invernale.

# **Bibliografia**

- Abeni, F., & Galli, A. (2018). La zootecnia di precisione: una opportunità per una produzione animale etica e sostenibile. CREA.
- Aia. (2023, 08 31). *BollettinoOnLine controlli sulla Produttività del Latte*. Tratto da Bollettino Aia: [http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD\\_GruppoStampe=RS&CD\\_Specie=C4](http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD_GruppoStampe=RS&CD_Specie=C4)
- Aia. (2023, 09 02). *Controlli sulla produttività del latte bollettino online Graduatoria delle migliori lattifere per kg di proteina*. Tratto da [http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD\\_GruppoStampe=TB&CD\\_Specie=C4](http://bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD_GruppoStampe=TB&CD_Specie=C4)
- ANaBoRaRe. (s.d.). Tratto da Associazione Nazionale Allevatori Bovini di Razza Reggiana: <https://www.razzareggiana.it/anaborare/associazione-nazionale-allevatori-razza-reggiana/>
- ANaBoRaRe. (2023, 09 02). AZIONE 9: ELABORAZIONE E GESTIONE DELLE INFORMAZIONI RACCOLTE. IOV: PUBBLICAZIONE RISULTATI ANALISI GENETICHE E GENOMICHE . Tratto da Associazione Nazionale Allevatori Bovini di Razza Reggiana: <https://www.razzareggiana.it/wp-content/uploads/ANALISI-GENETICHE-E-GENOMICHE-1.pdf>
- ANaBoRaRe. (2023, 09 15). INDICE DUPLICE ATTITUDINE PER LA RAZZA REGGIANA: RELAZIONE ILLUSTRATIVA. Tratto da Associazione Allevatori Bovini di Razza Reggiana: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.razzareggiana.it/wp-content/uploads/AZIONE4\\_IOV1-INDICE-DUPLICE-ATTITUDINE-1.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.razzareggiana.it/wp-content/uploads/AZIONE4_IOV1-INDICE-DUPLICE-ATTITUDINE-1.pdf)
- ANaBoRaRe. (2023, 09 16). *Misurazioni su torelli in prova*. Tratto da Associazione Nazionale Allevatori Bovini di Razza Reggiana: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.razzareggiana.it/wp-content/uploads/Allegato-10.1.pdf>
- ANaBoRaRe. (2023). PSRN 2014/2020 FEASR – DUAL BREEDING – ANABoRaRe. Tratto da Associazione Nazionale Allevatori Bovini di Razza Reggiana: <https://www.razzareggiana.it/wp-content/uploads/FENOTIPICA-REGGIANA.pdf>
- Armato, L., Fiore, E., & Giancesella, M. (2016). L'acidosi ruminale subacuta nella bovina da latte. *Summa animali da reddito*, 13-20.
- Bagnato, A., & Maltecca, C. (2003). *PRODUCTION AND REPRODUCTION IN DAIRY CATTLE: GENETIC ASPECTS*. Brescia: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche .
- Balasini, D. (2002). *Bovini e bufali*. Bologna: Edagricole.
- Beauchemin, Ungerfeld, Eckard, & Wang. (2020). Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal Cambridge University Press*.
- Bernabucci, U. (2020, gennaio-febbraio). Alimentazione della vacca da latte in condizioni di stress da caldo. *Summa animali da reddito*, p. 5-14.
- Berry, D. P., & Crowley, J. J. (2013). CELL BIOLOGY SYMPOSIUM: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. *Journal of Animal Science*, 1594-1613.
- Bigi, D., & Zanon, A. (2008). *Atlante delle razze autoctone: bovini, equini, ovicaprini, suini allevati in Italia*. Milano: Edagricole.
- Bittante, G., Andrughetto, I., & Ramanzin, M. (1993). *Tecniche di produzione animale*. Torino: Liviana.

- Bolormaa, S., Pryce, J. E., Reverter, A., Zhang, Y., Barendse, W., Kemper, K., . . . Goddard, M. E. (2014). A Multi-Trait, Meta-analysis for Detecting Pleiotropic Polymorphisms for Stature, Fatness and Reproduction in Beef Cattle. *PLOS Genetics*, 1-23 volume 10 Issue 3 e1004198.
- Britt, J., & Stevenson, J. (2017). 100-Year Review: Practical female reproductive management. *American Dairy Science Association*, 10292–10313.
- Cabrera, V., & Kalantari, A. (2016). Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. *Journal of Dairy Science*, 825-841.
- Callegaro, S., Niero, G., Penasa, M., Finocchiaro, R., Invernizzi, G., & Cassandro, M. (2022). Greenhouse gas emissions, dry matter intake and feed efficiency of young Holstein bulls. *Italian Journal of Animal Science*, 870-877 .
- Ceballos, F. C., Joshi, P. K., Clark, D. W., Ramsay, M., & Wilson, J. F. (2018). Runs of homozygosity: Windows into population history and trait architecture. *Nat. Rev. Genet.*, 19:220–234.
- Cederberg, C., & Stadig, M. (2003). System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 350-356.
- Cevolani, D. (2021). *Alimenti per la vacca da latte e il bovino da carne*. Bologna: Edagricole.
- Charlesworth, D., & Willis, J. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nature Reviews Genetics*, 10, pages783–796.
- Consorzio Parmigiano Reggiano. (2023). *PRODUZIONE FORME GENNAIO 2023: -0,97%*. Tratto da [parmigianoreggiano.com](https://www.parmigianoreggiano.com):  
<https://www.parmigianoreggiano.com/it/hnews/produzione-forme-gennaio-2023/>
- Counotte, G., & Prins, R. (1978). Regulation of rumen lactate metabolism and the role of lactic acid in nutritional disorders of ruminants. *Veterinary Science Communications*, 277–303.
- D'Agaro, E., Rosa, F., & Akentieva, N. P. (2021). New technology tools and life cycle nalysis (LCA) applied to a sustainable livestock production. *The EuroBiotech Journal*, 130-141.
- De Rensis, F., & Marconi, P. (1999). Gli indici di fertilità per la valutazione dell'efficienza riproduttiva della bovina da latte. *Large Animals Review*, 13-22.
- De Rensis, F., & Scaramuzzi, R. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - a review. *Theriogenology*, 1139-1151.
- Del Piero, F. (2001). *Natimortalità, aborto e morte embrionale nei ruminanti domestici*. Modica: La Grafica.
- Del Prato, S. O. (2001). *Trattato di tecnologia casearia*. Bologna: Edagricole.
- Dual Breeding. (2023, 08 31). *Il Progetto Dual Breeding*. Tratto da [dualbreeding](http://www.dualbreeding.com):  
<http://www.dualbreeding.com/it/il-progetto/progetto>
- Earleywine, T. J. (2001). Profitable dietary grain concentrations and grouping strategies in dairy herds. *Ph.D. Diss. University of Wisconsin-Madison*.
- Edmondson, A., Lean, I., Weaver, L., Farver, T., & Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 68-78.
- Fantini, A. (2014, Marzo). L'ingestione nella bovina. *Summa animali da reddito*, p. 8-19.
- Fantini, A. (2018, Luglio). Unifeed e robot: come trovare l'equilibrio. *Ruminantia*.
- Fontanesi, L., Stefanon, B., Bagnato, A., Lasagna, E., & Pulina, G. (2021). Il contributo del miglioramento genetico alla sostenibilità delle produzioni zootecniche., (p. 366-376).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023, 09 19). *Compare Data*. Tratto da FAOSTAT: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Formigoni, A., Mammi, L., Cavallini, D., & Visentin, G. (2021, marzo-aprile). Stress da caldo: i contorni del problema e le possibili soluzioni. *Bianconero*, p. 63-65.

- Foskolos, A., & Moorby, J. (2017). Reducing the environmental impact of the dairy farms through efficient use of nitrogen intake. *Congress in Technology of Animal Production*. Thessaloniki, Greece.
- Fustini, A., & Mammi, L. (2013). In asciutta proteina metabolizzabile fabbisogno chiave. *Informatore Zootecnico*(16).
- Fustini, M., Palmonari, A., Canestrari, G., Bonfante, E., Mammi, L., Pacchioli, M., . . . Formigoni, A. (2017). Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 4475-4483.
- Garnsworthy, P. (2004). The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 211-223.
- Godfray, H. C., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T., Lorimer, J., . . . Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health and the environment. *Science*.
- Godfray, H. C., Beddington, J., Crute, I., Haddad, L., Lawrwnce, D., Muir, J., . . . Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *SCIENCE*, 812-818.
- Goering, H., & Van Soest, P. (1970). Forage fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Animal Science Research Division, Agricultural Research Service*, 387-598.
- Hansen, L. (2006). Monitoring the worldwide genetic supply for dairy cattle with emphasis on managing crossbreeding and inbreeding. *8th world Congress on Genetics Applied to Livestock Production*.
- Hansen, N., Kristensen, T., Johansen, M., Wiking, L., Poulsen, N., Hellwing, A., . . . Weisbjerg, M. (2022). Effects on feed intake, milk production, and methane emission in dairy cows fed silage or fresh grass with concentrate or fresh grass harvested at early or late maturity stage without concentrate. *Journal of Dairy Science*, 8036-8053.
- Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Wang, X., & Ma, Y. (2021). Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a Review. *Frontiers in Genetics*, doi:10.3389/fgene.2021.695543.
- Huber, J., Wu, S., & Chan, K. (1993). Feeding for high production during heat stress. Las Vegas: Western karge herd management conference.
- IPCC. (2023, Ottobre 17). *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Ipharraguerre, I., & Clark, J. (2005). Varying Protein and Starch in the Diet of Dairy Cows. II. Effects on Performance and Nitrogen Utilization for Milk Production. *Journal of Dairy Science*, 2556-2570.
- ISPRA. (2020, Aprile 27). La verità sulle emissioni dell'allevamento: intervist ad ISPRA. *Ruminantia*.
- ISPRA. (2023, 09 19). *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*. Tratto da Pianeta PSR: <http://www.pianetapsr.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2555#:~:text=Per%20quanto%20concerne%20l'anidride,%2C%2021.8%25%20e%2015.7%25>.
- Jacobsen, K. (1998). Il benessere delle bovine da latte nei climi caldi e umidi. Parte I. I ricoveri ed effetti dello stress da calore. *Large animals review*, 29-34.
- Jacobsen, K. (1999). Il benessere delle bobine da latte nei climi caldi e umidi. Parte II. La riduzione dello stress. *Large Animals Review*, 39-46.
- Katongole, & Yan. (2020). Effect of Varying Dietary Crude Protein Level on Feed Intake, Nutrient Digestibility, Milk Production, and Nitrogen Use Efficiency by Lactating Holstein-Friesian Cows. *Animals*, 2439. doi:<https://doi.org/10.3390/ani10122439>

- Lallemand, A. N. (2007). Heat stress in dairy cows: implications and nutritional management. *Engormix*.
- Leblanc, M. (2023). Mastiti e cellule: ridurre la pressione con l'alimentazione. *Summa Animali da reddito*, p. 61-66.
- Lorenz, H., Reinsch, T., Hess, S., & Taube, F. (2019). Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems. *Journal of Cleaner Production*, 161-170.
- Lucarini, S. (2021, Luglio 21). *Vi raccontiamo le razze: la Reggiana*. Tratto da Ruminantia: <https://www.ruminantia.it/vi-raccontiamo-le-razze-la-reggiana/>
- Mariani, P. (1985). Osservazioni sul contenuto e la ripartizione dei principali costituenti del sistema micellare del latte in quattro razze bovine. *Ann. Fac. Med. Veter.*
- Mariani, P., & Russo, V. (1970). Studio elettroforetico delle varianti genetiche delle proteine del latte di bovine di razza Frisona allevate in Italia. Parma.
- Mariani, P., & Russo, V. (1976). Distribuzione delle varianti genetiche delle caseine e della  $\beta$ -lattoglobulina nelle vacche di razza Reggiana. *Riv. Zoot. Vet.*, 23-46.
- Mariani, P., Zanzucchi, G., Bonatti, P., Fossa, E., & Pecorari, M. (1992). Caratteristiche di coagulazione del latte in rapporto al tipo genetico della  $\beta$ -caseina in vacche di razza Bruna. *Sci. Tecn. Latt-cas*, 7-17.
- Mariotti, F. (2017). *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*. Academic Press.
- Marsan, A., Bozzi, Clani, Crepaldi, Pilla, Portolano, & Stella. (2021). Adattamento ambientale e genetica: la rilettura della biodiversità, le basi genetiche della resilienza, il ruolo dell'epigenetica., (p. 388-396).
- Martins, J. (2019). *Fisiologia digestiva: Poligàstricos*. Universidade de Évora.
- Mavrommatis, A., Mitsiopolou, C., Christodoulou, C.-, K., Simoni, M., Righi, F., & Tsiplakou, E. (2021). Effects of Supplementing Rumen-Protected Methionine and Lysine on Milk Performance and Oxidative Status of Dairy Ewes. *Antioxidants*, 654.
- Menghi, A., Ventura, F., Milone, P., & Swagemakers, P. (2015). Costi di produzione e redditività della vacca rossa Reggiana. *L'Informatore Agrario*, p. 34-38.
- Miglior, F., Negrini, R., & Cassandro, M. (2021). il miglioramento genetico nel contesto agro-zootecnico: problemi e prospettive., (p. 336-344).
- Migliorati, L., Speroni, M., Stelletta, C., & Pirlo, G. (2016). Influence of feeding flavouring-appetizing substances on activity of cows in an automatic milking system. *Italian Journal of Animal Science*, 417-419.
- Min, L., Li, D., Tong, X., Nan, X., Ding, D., Xu, B., & Wang, B. (2019). Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. *International Journal of Biometeorology*, 1283-1302.
- Ministero della Salute. (2023, 09 16). *Anagrafe nazionale zootecnica*. Tratto da Sistema Informativo Veterinario - Statistiche: [https://www.vetinfo.it/j6\\_statistiche/#/report-pbi/11](https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/11)
- Moran, D., & Wall, E. (2011). Livestock production and greenhouse gas emissions: Defining the problem and specifying solutions. *Animal frontiers*, 19-25.
- Moran, D., & Wall, E. (2011). Livestock production and greenhouse gas emissions: Fedining the problem and specifying solutions. *Animal frontiers*, 19-25.
- Morini, D., Losi, G., Castagnetti, G., Benevelli, M., Resmini, P., & Volonterio, G. (1975). L'influenza delle varianti genetiche della k-caseina sulla dimensione delle micelle caseiniche. *Sci. Tecn. Latt-cas*, 437-444.

- NOAA. (1976). Livestock hot weather stress: Effects of Method of Presynchronization and Source of Selenium on Uterine Health and Reproduction in Dairy cows. *US Dept. Commerce, Natl. Weather Serv. Central Reg., Reg. Operations Manual Lett.* NOAA, Washington, DC., 31-37.
- Owens, D., McGee, M., & Boland, t. (2008). Intake, rumen fermentation, degradability and digestion kinetics in beef cattle offered autumn grass herbage differing in regrowth interval. *Grass and Forage Science*, 369-379.
- Pacchioli, M. (2023). Biodiversità dei prati e parametri compositivi della biomassa. CRPA.
- Pagnacco, G. (2020). *Genetica animale Applicazioni zootecniche e veterinarie Terza edizione*. Milano: Zanichelli.
- Petterson, T., Secondi, L., Magnani, A., Antonelli, M., Dembska, K., Valentini, R., . . . Castaldi, S. (2021). A multilevel carbon and water footprint dataset of food commodities. *Scientific Data*.
- Pirlo, G., & Carrè, S. (2013). A simplified tool for estimating carbnn footprint of dairy cattle milk. *Italian Journal of Animal Science*, 497-506.
- Pizzi, F., Rizzi, R., Maltecca, C., Bagnato, A., & Gandini, G. (2003). Fertility and longevity in the Reggiana Cattle breed. *Italian Journal of Animal Science*, 151-153.
- Popkin, B. (1998). The nutrition transition and its health implications in lower-income countries. *Public Health Nutrition*, 5-21.
- Poppi, D., Hendricksen, R., & Mindson, D. (1985). The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle and sheep. *J. Agric. Sci.*
- Pulina, G., Tondo, A., Danieli, P. P., Primi, R., Crovetto, G. M., Fantini, A., . . . Atzori, A. S. (2020). How to manage cows yielding 20,000 kg of milk: technical challenges and environmental implications. *ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*, 865–879.
- Raffrenato, E., Van Amburgh, M. E., & Van Soest, P. J. (2008). Measures of acid detergent lignin recovery and evaluations of the 2.4 time lignin factor for estimating indigestible NDF. *J. Dairy Sci*, 420.
- Reverter, A., Porto-Neto, L. R., Fortes, M. R., McCulloch, R., Lyons, R. E., Moore, R., . . . Henshall, J. (2016). Genomic analyses of tropical beef cattle fertility based on genotyping pools of Brahman cows with unknown pedigree. *Journal of Animal Science*, 4096–4108.
- Righi, F., Romanelli, S., Renzi, M., & Quarantelli, A. (2009). “In vivo” and “in vitro” degradability of diets for Parmigiano Reggiano cheese production. *Italian Journal of Animal Science*, 331-333.
- Rode, L., McAllister, T., & Cheng, K. (1990). Microbial degradation of vitamin A in rumen fluid from steers fed concentrate, hay or straw diets. *Journal of Animal Science*, 227-233.
- Ronchi, B. (2021). La genetica e le sfide future della zootecnia: introduzione. *La genetica e le sfide future della zootecnia*, (p. 335).
- Ronchi, B., Savoini, G., & Tralalza Marinucci, M. (2020). *Manuale di nutrizione dei ruminanti da latte*. Napoli: EdiSES Università.
- Rosi, A., Pellegrini, N., Turrone, S., Neviani, E., Ferrocino, I., Di Cagno, R., . . . Scazzina, F. (2017). Environmental impact of omnivorous, ovo-lacto-vegetarian and vegan diet. *Scientific reports*.
- Rossati, A., Bargiacchi, O., Kroumova, V., & Garavelli, P. (2014). Malattie trasmesse da vettori e cambiamenti climatici in Europa. *Le infezioni in Medicina*, 179-192.
- Rossiter, M. (1996). Incidence and consequences of inheruted environmental effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 451-476.



- Schiavo, G., Bovo, S., Ribani, A., Moscatelli, G., Bonacini, M., Prandi, M., . . . Fontanesi, L. (2022). Comparative analysis of inbreeding parameters and runs of homozygosity islands in 2 Italian autochthonous cattle breeds mainly raised in the Parmigiano-Reggiano cheese production region. *Journal of Dairy Science*, 105:2408–2425.
- Siewert, J., Salfer, J., & Endres, M. (2019). Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. *Journal of Dairy Science*, 3523-3530.
- Silva, M., Malhado, C., Kern, E., Daltro, D., Cobuci, J., & Carneiro, P. (2019). Inbreeding depression in Holstein cattle in Brasil. *Brazilian Journal of Animal Science*, 1-9.
- Simoni, M., Temmar, R., Bignamini, D. A., Foskolos, A., Sabbioni, A., Ablondi, M., . . . F. (2020). Effects of the combination between selected phytochemicals and the carriers silica and Tween 80 on dry matter and neutral detergent fibre digestibility of common feeds. *Italian Journal of Animal Science*, 19.
- Sinclair, K., Garnsworthy, P., Mann, G., & Sinclair, L. (2013). Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal Cambridge University Press*.
- Sirtori, F., Parrini, S., Bozzi, R., Mancini, M., Messeri, A., & Orlandini, S. (2021). Zootecnia di precisione e stress termico. Sistemi di precisione in supporto all'allevamento da latte per fare fronte ai cambiamenti climatici. 15-22.
- Sjaunja, L., Baevre, L., & Junkkarinen, L. (1990). Nordic proposal for an Energy Corrected Milk (ECM) formula. *Proceedings of the 27th Biennial Session of the International Committee for Animal Recording (ICAR)*.
- Smith, N. (1976). Maximizing Income over Feed Costs: Evaluation of Production Response Relationships. *Journal of Dairy Science*, 1193-1199.
- Spanghero. (2020). *Nutrizione azotata della bovina da latte*. Point Vétérinaire Italie.
- Speed, D., & Balding, D. (2015). Relatedness in the post-genomic era: is it still useful? *Nature Reviews Genetics*, 33-44.
- Summer, A., Pecorari, M., Fossa, E., Malacarne, M., Formaggioni, P., Franceschi, P., & Mariani, P. (2004). *Frazioni proteiche, caratteristiche di coagulazione presamica e resa in formaggio Parmigiano Reggiano del latte di vacche di razza Bruna Italiana*. 7ª Conferenza Mondiale Allevatori Razza Bruna.
- Sutton. (1989). Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*, 2801-2814.
- Sutton, M., & van Grinsven, H. (2011). Summary for policy makers. xxiv-xxxiv.
- Van Kessel, J., & Russel, J. (1996). The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiology Ecology*, 205-210.
- Van Soest, P., Robertson, L., & Lewis, B. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 3583-3597.
- Wang, L., Wang, Z., Zou, H., & Peng, Q. (2016). Yeast Culture and Vitamin E Supplementation Alleviates Heat Stress in Dairy Goats. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 814–822.
- Yates, C. M., Cammell, S. B., France, J., & Beever, D. E. (2000). Prediction of methane emissions from dairy cows using multiple regression analysis. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 94 (abstract).

## Indice delle figure

- Figura 1 - Vacca di 7 anni di razza Reggiana a un concorso dei primi anni del Novecento. L'animale è di proprietà dell'allevamento Fratelli Bonini di Castelnuovo di Sotto (provincia di Reggio Emilia). L'immagine è di proprietà dell'associazione allevatori bovini di razza Reggiana. Dalla fotografia si può notare, confrontandola con la vacca vincitrice del premio Bue Grasso 2023 (figura 2), quanto la conformazione e la morfologia sia cambiata minimamente negli anni; cosa non avvenuta, invece, in alcune delle razze cosmopolite, più intensamente selezionate, come ad esempio la Frisona Italiana. ....8
- Figura 2 - Campionessa 2023 della categoria "Vacche mature" (per le bovine di più di 5 anni) nel corso della manifestazione che premia la miglior vacca di razza Reggiana, la "Fiera del Bue Grasso" di Cavriago. La bovina appartiene ad un'Azienda agricola di Gattatico, in provincia di Reggio Emilia (Emilia Romagna, Italia) (ANaBoRaRe). ....9
- Figura 3 - In foto viene evidenziata la presenza di due **capezzoli sovranumerari** sui quarti posteriori di una bovina Reggiana. Questo difetto della mammella è il più frequente all'interno della popolazione (foto di ANaBoRaRe). .... 11
- Figura 4 - La **griglia SEUROP** classifica le carcasse bovine sulla base della loro muscolosità e quindi della loro conformazione (in ordine decrescente). Con questo strumento è possibile attestare il valore commerciale della carcassa. Questo prescinde da sesso, età, razza e categoria; ma piuttosto da conformazione e stato d'ingrassamento (il suo valore va da 1 a 5, dove 1 è molto scarso e 5 è molto abbondante). La valutazione della muscolosità della carcassa e dello stato d'ingrassamento viene effettuata da personale specializzato (Bittante et al., 1993); (foto di Balasini, 2002). ....20
- Figura 5 - Il grafico fa riferimento a dei dati ISPRA dell'anno 2021 relativamente alla **quota emissiva totale di gas ad effetto serra** per i settori coinvolti nell'analisi. Fonte: (ISPRA, 2023). L'influenza maggiore è data dall'utilizzo dei combustibili fossili (80%). .... 24

## Indice delle tabelle

- Tabella 1 - Indicazione della **consistenza della popolazione zootecnica** suddivisa per razza. La razza Reggiana costituisce lo 0,092% del patrimonio zootecnico bovino italiano. Il 92,17% delle Reggiane è allevato in Emilia-Romagna (Anagrafe Nazionale Bovina, IZS Teramo, Ministero della Salute, 2023). ....9
- Tabella 2 - Descrizione della **produzione media in termini di kg di latte** per vacca corretti a 305 giorni di produzione. I dati riportati sono stati ricavati dal bollettino online dell'Associazione Italiana Allevatori, relativamente all'analisi dei controlli funzionali degli anni 2021 e 2022 (Aia, 2023). .... 11
- Tabella 3 - La tabella riporta la **graduatoria delle migliori lattifere** di razza Reggiana suddivisa per province, relativamente all'anno 2021/2022 (Aia, 2023). Nella provincia di Reggio Emilia sono allevate 3.770 bovine di razza Reggiana, corrispondenti al 69,14% del totale (3770 su 5453) (Anagrafe Nazionale Bovina, IZS Teramo, Ministero della Salute, 2023). ....13
- Tabella 4 - Nella razza Reggiana si ha una **differenza produttiva** fra primipare e terzipare di 882 kg di latte medi (Aia, 2023). .... 18
- Tabella 5 - La tabella indica quelli che sono i **costi produttivi totali** in termini di euro/100 kg di latte caseificato per la produzione di Parmigiano Reggiano. I **costi diretti** sono le spese che l'allevatore deve sostenere per gli input aziendali (mangimi, foraggi, farmaci, inseminazioni, carburante ed elettricità). I **costi di produzione** sono "indiretti", ovvero calcolati come le

spese relative ai fattori di produzione, quali le terre, i capitali e il lavoro sottoforma di costi effettivamente sostenuti o calcolati. I **ricavi** e il guadagno non sono la medesima cosa, ossia: il **guadagno**, o profitto, è calcolato dalla differenza tra i ricavi totali e i costi totali (Menghi et al., 2015). ..... 19

Tabella 6 - **Composizione percentuale** sulla sostanza secca dei vari **componenti analitici**. PS= Proteina Solubile. PG= viene ottenuta moltiplicando il quantitativo di azoto del campione per il valore di 6.25, corrispondente a 100/16, dove 16 è il contenuto fisso di N delle proteine vegetali (Fustini & Mammi, 2013). ..... 27

Tabella 7 – I dati relativi ai 15 **tori di razza Frisone Italiana** sono relativi ad animali di età compresa fra 178 e 405 giorni e derivano da uno studio di Callegaro et al. (2022), condotto presso il centro genetico di ANAFIBJ. L’ingestione media di sostanza secca è stata calcolata mediante il sistema RIC; mentre le emissioni sono state registrate dal sistema Green Feed. I dati relativi a 4 **torrelli di razza Reggiana**, sono derivati dall’attività di raccolta dato presso la stazione di controllo dell’ANaBoRaRe per ciclo di prova (ANaBoRaRe, 2023)...... 30

Tabella 8 - **Descrizione delle aziende** coinvolte nel progetto (<https://www.razzareggiana.it/>). ..48

Tabella 9 – I dati riportati costituiscono una **media delle due stagioni** interessate dallo studio suddivise per singola azienda ..... 53

Tabella 10 – Descrizione delle **componenti della dieta** durante i periodi di campionamento..... 54

Tabella 11 – Quantitativi percentuali delle **componenti nutrizionali medie** delle razioni. .... 55

Tabella 12 – **Composizione chimica media del latte** di Reggiana nelle 9 aziende interessate dal progetto. La ECM calcolata su 36 campioni ha portato ad avere una media di 17,81 kg con una deviazione standard di 1,91. .... 56

Tabella 13 – Differenze dei parametri ingestione di **SS** (kg/capo/giorno), **produzione di latte** (kg), **Fat Corrected Milk** (kg), **Feed Conversion Rate**, **Total Digestible Nutrient** (%SS) e **Energy Corrected Milk** (kg). ..... 60

## Indice dei grafici

Grafico 1 – La correlazione fra il contenuto di **proteina** percentuale nella razione (PG) e l’**efficienza azotata** è negativa..... 56

Grafico 2 – Relazione fra il contenuto di **amido** ed **efficienza azotata** presenta una correlazione positiva..... 57

Grafico 3 – La relazione fra il contenuto di **proteina** nella razione ed **Energy corrected milk** è positiva..... 58

Grafico 4 – Rapporto di correlazione generale fra **F:C** ed **ECM** ..... 58

Grafico 5 - Rapporto di correlazione fra **amido** ed **ECM** ..... 59

Grafico 6 - Correlazione stagionale fra il rapporto **F:C** sul **grasso nel latte** ..... 59

Grafico 7 - Correlazione fra il **rapporto foraggi concentrati** ed **Energy corrected milk** su base stagionale ..... 60

Grafico 8 - Correlazione stagionale fra l’input **Feed Conversion Rate** e l’output **emissioni di metano per kg di latte**. La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è, invece,  $r = -0.572$  e  $P < 0,001$ . ..... 61

Grafico 9 - Relazione fra il **contenuto di amido nella razione** e le **emissioni di CO<sub>2</sub>** stimate dal sistema NDS..... 62

Grafico 10 - Correlazione negativa fra il contenuto di **amido** nella razione ed **emissioni di CH<sub>4</sub>** .. 62

Grafico 11 - Rapporto di correlazione fra il **contenuto di amido** e **eccesso di azoto** ..... 63

Grafico 12 – Rapporto di correlazione fra **NDF** e **CO<sub>2</sub>**. La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è, invece,  $r= 0,451$  e  $P= 0,006$ . .....64

Grafico 13 – Il coefficiente angolare della retta di regressione risulta essere più alto di quello dell'amido, a riprova di un effetto maggiore dell'**NDF** sulla **metanogenesi** rispetto all'**amido** (grafico 10). La correlazione di Pearson calcolata per entrambe le stagioni è  $r= 0,393$  e  $P= 0,018$ . .....64

Grafico 14 – Grafico a dispersione che indica il rapporto di correlazione fra il contenuto di **ADL** espresso come percentuale di SS e l'**azoto in eccesso**. .....65

Grafico 15 - **Contenuto proteico** della razione ed **eccesso di azoto** ..... 66