



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI
CORSO DI LAUREA IN
VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E
DEL TERRITORIO MONTANO

VALUTAZIONE ALIMENTARE E DELLA
SOSTENIBILITÀ DI ALLEVAMENTI DA LATTE IN
AREA MONTANA

Relatore: Prof. Alberto Tamburini

Elaborato Finale di:

Giacomo Baffetti

Matricola: 01242A

Anno Accademico 2023-2024

RIASSUNTO

Attraverso il presente studio, sono stati valutati i regimi alimentari utilizzati da quattro aziende agricole situate sull'arco alpino italiano. Tre aziende (P, O e B) sono ubicate in Lombardia, mentre l'azienda S ha sede nella provincia autonoma di Trento.

Grazie all'analisi dei regimi alimentari adottati all'interno delle aziende, è stato possibile giudicare i livelli di sostenibilità economica e ambientale degli allevamenti stessi. Inoltre, durante lo studio, sono state analizzate le relazioni tra i vari regimi alimentari e la qualità del latte prodotto, il suo livello di sanità e la redditività delle aziende agricole.

Per giungere a questa tipologia di valutazioni è stato necessario studiare e analizzare in maniera approfondita le razioni somministrate all'interno dei quattro allevamenti, effettuando ogni 3 mesi campionamenti ed analisi dei foraggi utilizzati nelle 4 aziende.

Grazie alla collaborazione degli allevatori è stato possibile risalire alle composizioni (sotto il profilo alimentare) delle razioni somministrate. Inoltre, agli allevatori, sono state poste diverse domande in merito alla gestione dell'allevamento, alle pratiche di fienagione, alla routine di mungitura e agli acquisti (input) e vendite (output) effettuati nel corso dell'anno, in modo tale da poter avere un quadro più ampio e dettagliato di ognuna delle quattro realtà oggetto di studio.

Per definire i livelli di sostenibilità alimentare, economica e ambientale delle quattro aziende agricole, sono stati raccolti i dati relativi alle produzioni, sia in ottica quantitativa che qualitativa, i quali, successivamente, sono stati confrontati con i vari regimi alimentari e con tutti quei fattori che, all'interno di un allevamento di vacche da latte, possono avere un'influenza su questi parametri.

Sotto il profilo alimentare, tra i risultati principali possiamo sottolineare che l'andamento delle componenti nutritive dei foraggi ha evidenziato valori molto variabili: le percentuali di sostanza secca dei foraggi secchi (fieni) hanno mostrato valori compresi tra il 75% e il 91% sul tal quale, dimostrandosi in alcuni casi inadeguati, mentre per quanto riguarda la quota proteica i valori sono oscillati tra il 7% e il 15% sul secco, facendo emergere anche in questo caso alcune carenze nutrizionali. Inoltre, in alcuni foraggi (anche insilati) sono risultati valori di ceneri pari al 15% della sostanza secca (livello molto critico per la salute dell'animale e per la qualità del prodotto finale).

Per quanto riguarda le analisi delle razioni, le problematiche incontrate sono state diverse, a partire dal mancato raggiungimento del fabbisogno energetico (fino a 8,6 UFL mancanti nella razione) e proteico (con bilanci proteici negativi fino a -750 g/d).

A causa di questi squilibri dal punto di vista nutrizionale, sono stati riscontrati risultati non ottimali a livello produttivo e qualitativo. In alcuni casi, infatti sono stati registrati dei tenori in grasso e proteine nel latte equivalenti al 3,2%. Inoltre, a causa di scelte gestionali scorrette e di pratiche di allevamento non ottimali, è stato possibile dimostrare una differenza rilevante tra la produzione di latte effettiva e quella potenziale in funzione della razione somministrata (fino a 6 kg/d per capo).

Il mancato raggiungimento dei potenziali produttivi verificato nelle quattro aziende prese in esame, è stato riscontrato anche nei valori relativi all'efficienza alimentare e azotata.

Nello specifico, i livelli di *Dairy Efficiency* (rapporto tra latte prodotto e sostanza secca ingerita con la razione) sono stati compresi tra 0,5 (valore molto basso) e 1,4 (valore nella media), mentre dal punto di vista dell'efficienza azotata aziendale le percentuali si sono dimostrate comprese tra il 18,8% e il 59,8%.

Complessivamente, a seconda dei fattori analizzati, le aziende hanno alternato buoni valori (in alcuni casi ideali) a valori critici e preoccupanti, senza quasi mai dimostrare costanza e continuità nella qualità del risultato ottenuto.

La pratica dell'allevamento, sulle montagne italiane, è da sempre il simbolo di un forte legame tra l'uomo e il territorio, tramandato di generazione in generazione. Di fronte ai cambiamenti registrati in epoca moderna, anche il mondo della zootecnia necessita di un cambiamento per tentare di riportare quelle tradizioni secolari (di nuovo) al centro dell'economia delle aree montane.

Anche attraverso i risultati di questo lavoro, è stato possibile comprendere quanto sia ancora ampio il margine di miglioramento (per la maggior parte degli aspetti) a disposizione degli allevamenti di montagna e decidere quali cambiamenti intraprendere, per valorizzare e potenziare questi territori, grazie a questa attività.

INDICE

1.INTRODUZIONE	5
1.1 IL SISTEMA DI DIGESTIONE DEI RUMINANTI.....	5
1.2 IL VANTAGGIO DI ESSERE UN RUMINANTE.....	10
1.3 IL VANTAGGIO DI ALLEVARE BOVINE DA LATTE.....	14
1.5 L'IMPORTANZA DI UNA CORRETTA ALIMENTAZIONE NEGLI ALLEVAMENTI.....	18
2. SCOPO DELLA RICERCA	22
3. MATERIALE E METODI.....	23
3.1 DESCRIZIONE DELLE AZIENDE OGGETTO DI STUDIO	23
3.2 CAMPIONAMENTO ALIMENTI.....	24
3.3 ANALISI DEI FORAGGI	27
3.4 ANALISI DELLE PRODUZIONI DI LATTE	29
3.5 METODO DI CALCOLO DEI FABBISOGNI	30
3.6 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ E DELL'EFFICIENZA DELLE RAZIONI	32
4. RISULTATI E DISCUSSIONI	34
4.1 ANALISI DEI FORAGGI	34
4.2 ANALISI DELLE RAZIONI.....	45
4.3 ANALISI DELLE PRODUZIONI.....	65
4.4 EFFICIENZA ALIMENTARE	78
4.5 BILANCIO DELL'AZOTO.....	80
5. CONCLUSIONI	83
6. BIBLIOGRAFIA	85
7. RINGRAZIAMENTI	92

1. INTRODUZIONE

1.1 Il Sistema di digestione dei ruminanti

Per digestione s'intende l'insieme di fenomeni fisici di sminuzzamento dell'alimento e di scissione chimica tramite i quali, a partire da molecole organiche complesse (come le proteine, i glucidi e i lipidi) contenute negli alimenti, si ottengono sostanze semplici come ad esempio amminoacidi, monomeri di carboidrati, acidi grassi che successivamente vengono assorbite dalla mucosa dell'intestino per essere impiegate nei processi metabolici. A differenza dei monogastrici, nei poligastrici (come i ruminanti) gran parte del processo di digestione ha luogo nello stomaco ghiandolare e continua nell'intestino, ma è preceduta da una fermentazione microbica che ha luogo nei tre prestomaci ovvero rumine, reticolo e omaso (Bittante et al, 1997). I prestomaci e lo stomaco ghiandolare sono disposti come segue: il rumine situato a sinistra all'interno della cavità addominale, in posizione craniale rispetto al rumine si trova il reticolo, mentre alla destra del rumine è posto l'omaso, e l'abomaso, invece, è disposto caudalmente rispetto al reticolo e ventralmente rispetto a omaso e rumine.

Il rumine è il comparto più voluminoso dell'apparato digerente dei bovini (ne occupa più della metà) e può arrivare a 200 litri di capacità (Bittante et al, 1997), comunica con il reticolo mediante una apertura denominata ostio rumino-reticolare e insieme ad esso costituisce circa il 75% della parte sinistra della cavità addominale (Krehbiel et al, 2014).

Il reticolo è il più piccolo dei prestomaci dei bovini. Ha una capacità variabile tra i 7 e 12 litri e occupa circa il 5% del volume di tutti i prestomaci (Bittante et al, 1997). Il reticolo è caratterizzato da due aperture: una che lo collega al rumine (orifizio rumino-reticolare) e l'altra che lo collega all'omaso (orifizio reticolo-omasale). La superficie è caratterizzata da creste poligonali che la rendono simile alla struttura di un nido d'api. Sulla superficie del reticolo è presente la doccia esofagea, una sorta di canale che si estende dal cardias, raggiunge l'ostio rumino reticolare per terminare nell'orifizio reticolo-omasale: negli animali giovani è molto sviluppata e serve per convogliare i liquidi direttamente nell'abomaso (Fantini, 2013).

Caratterizzato da una forma ovoidale, l'omaso occupa circa l'8% del volume complessivo dei prestomaci (Bittante et al, 1997). Nonostante le sue funzioni non siano ancora state definite in modo preciso, la struttura interna a lamine longitudinali lascia presupporre che all'interno di quest'organo vengano assorbiti acidi grassi volatili e altre sostanze come sodio e fosforo. Inoltre, l'omaso può fungere anche da filtro regolando il transito digestivo e

selezionando in base a dimensione e densità gli alimenti che il ruminante andrà a digerire nell'abomaso. L'abomaso è lo stomaco ghiandolare vero e proprio dei ruminanti, all'interno del quale avviene la digestione gastrica che risulta simile a quella dei monogastrici in quanto vengono secreti acidi ed enzimi, che hanno la medesima funzione digestiva. Nello stomaco vero dei ruminanti avviene anche la digestione della massa batterica proveniente dal rumine che vedremo successivamente essere una delle caratteristiche singolari e vincenti di questi animali.

A differenza di ciò che avviene negli altri prestomaci, all'interno del rumine-reticolo avvengono continuamente dei movimenti di rimescolamento della massa ruminale, grazie a quali gli alimenti si distribuiscono in base al loro peso specifico: generalmente, nelle zone superficiali sono presenti gli elementi fibrosi e i gas mentre nelle zone più basse (sacco del rumine) si trovano gli alimenti più pesanti come concentrati e granelle (Bittante et al, 1997). Il costante rimescolamento favorisce la ruminazione, ovvero il rigurgito del bolo mericico dal reticolo alla bocca, con successive rimasticazione e nuova deglutizione.

I movimenti ruminali sono quindi fondamentali per mescolare gli alimenti e garantire una corretta ruminazione, oltre a facilitare l'espulsione dei gas prodotti dalle fermentazioni (eruttazione) e accompagnare le particelle di alimento più piccole e già sminuzzate verso l'abomaso (attraversando prima l'orifizio reticolo-omasale). La ruminazione permette una digestione meccanica della fibra più efficiente, in quanto aumenta la superficie esposta alla fermentazione svolta dai batteri ed è il principale processo che permette la riduzione delle dimensioni delle particelle presenti nel rumine (Krehbiel, 2014). La masticazione, infatti, è responsabile della preparazione dell'alimento per la deglutizione e dei tessuti vegetali per consentire la digestione microbica nel rumine-reticolo, mentre la ruminazione riduce le particelle in modo che il materiale possa proseguire il suo percorso verso l'abomaso. Prima di giungere all'abomaso gli alimenti devono attraversare l'orifizio reticolo-omasale che permette il passaggio di materiale con dimensioni inferiori a circa 1,2 cm (Bittante et al, 1997). Sebbene la digestione microbica nel rumine contribuisca a ridurre il peso secco delle particelle, il suo contributo diretto alla riduzione della lunghezza delle particelle è scarso. È necessario specificare che questo processo si verifica prevalentemente quando l'animale è a riposo. L'attività ruminatoria può durare fino a 12 ore per un totale di 40.000 atti ruminatori al giorno (Bittante et al, 1997). Essendo il rumine un fermentatore vero e proprio (grazie alla presenza dei microrganismi), al suo interno l'ambiente è completamente anaerobico; inoltre, per consentire il corretto sviluppo delle fermentazioni il pH ruminale dovrebbe

rimanere costante tra 5,6 e 6,5 (Krehbiel et al, 2014) e le temperature dovrebbero oscillare intorno ai 39-40 °C (Niwiska, 2012).

Un ruolo fondamentale nel processo di digestione nei bovini è svolto dalla saliva, poiché la sua produzione (fino a 180 L/d) ha effetto lubrificante, ma soprattutto, essendo alcalina, svolge un'azione tampone all'interno del rumine in quanto mantiene il pH costante. La produzione di saliva cresce proporzionalmente all'aumentare del quantitativo di fibra (parete vegetale) presente nella razione.

All'interno del rumine i componenti alimentari vengono parzialmente degradati grazie all'attività dei microrganismi e una parte di essi sfugge alle fermentazioni (sostanze by-pass) dirigendosi verso la digestione nello stomaco ghiandolare.

Dalla fermentazione ruminale dei carboidrati, vengono prodotti i cosiddetti acidi grassi volatili (AGV): acido acetico, acido propionico e acido butirrico, i quali vengono successivamente assorbiti attraverso le pareti del rumine per poi passare al flusso sanguigno e costituire una vera e propria fonte d'energia per l'animale (Krehbiel, 2014). Gli acidi grassi volatili non sono l'unico prodotto delle fermentazioni ruminali, in quanto durante i processi di fermentazione vengono liberate grandi quantità di metano (CH₄) e anidride carbonica (CO₂). Nello specifico, questi due gas occupano rispettivamente (in media) il 20-30% e il 45-70% del volume gassoso presente nel rumine (Min et al, 2022). A differenza degli acidi grassi volatili che vengono assorbiti dalle pareti ruminali, i gas derivanti dalle fermentazioni vengono eliminati dalla bocca mediante l'eruttazione, favorita dai movimenti prestomatici e dai recettori di distensione presenti sulle pareti del rumine. Questa specifica fase della digestione dei ruminanti è di radicale importanza nell'ottica dell'impatto ambientale generato dall'allevamento di questi animali.

È importante specificare che a seconda della varietà di carboidrati coinvolta nella fermentazione, si otterrà principalmente un determinato acido grasso volatile: con la fermentazione della cellulosa, per esempio, viene prodotto prevalentemente acido acetico, con la fermentazione delle emicellulose vengono liberate molecole di acido butirrico, mentre l'acido propionico è il risultato primario della fermentazione degli amidi (Bittante et al, 1997). Oltre a ottenere dei prodotti differenti, ogni carboidrato ha fermentescibilità molto differenti: in particolare, ordinandoli in maniera crescente in base alla velocità di fermentazione si trovano gli zuccheri semplici, l'amido, le cellulose (principali costituenti delle pareti delle cellule vegetali) e la lignina.

Ogni carboidrato viene fermentato da una tipologia specifica di batteri. Nei prestomaci sono dunque presenti i degradatori di cellulosa (batteri cellulolitici), di amido (batteri amilolitici), dei lipidi e delle proteine (lipolitici, in piccole quantità, e proteolitici). I batteri cellulolitici sono dotati di geni contenenti il codice per la produzione dell'enzima *cellulasi* e grazie ad esso sono in grado di spezzare i legami 1→4 tra le molecole di β-glucosio costituenti le catene di cellulosa, mentre i batteri amilolitici, riuscendo a sintetizzare l'enzima *amilasi* riescono a scindere il legame 1→4 che unisce le molecole di α-glucosio formanti le catene di amido (Niwiska,2012). Più specificatamente, i batteri cellulolitici svolgono le proprie funzioni in modo ideale quando all'interno del rumine il pH è compreso tra 6,2 e 6,8, mentre i batteri amilolitici prediligono valori di pH oscillanti tra 5,2 e 6 (Krehbiel, 2014).

Un'altra differenza rilevante che intercorre tra le due tipologie di batteri sopracitati è l'utilizzo delle sostanze azotate: i digestori di carboidrati strutturali (come la cellulosa) utilizzano l'azoto prevalentemente in forma ammoniacale per costruire la loro quota di amminoacidi specifici e di proteina microbica, mentre i digestori di carboidrati non strutturali come l'amido, oltre a poter sfruttare azoto ammoniacale sono in grado di utilizzare meglio anche amminoacidi e oligopeptidi.

Queste tipologie di microrganismi costituiscono dunque il microbiota caratterizzante l'apparato digerente ed in particolare i pre-stomaci dei ruminanti, che comprende numerosi batteri anaerobi sia Gram negativi che Gram positivi. I più rappresentativi tra i Gram positivi sono *Ruminobacter amylophilus* e *Fibrobacter succinogenes* rispettivamente fermentatori di amido e cellulosa; per quanto riguarda i Gram negativi risultano rilevanti *Ruminococcus albus* (anch'esso fermentatore di cellulosa) e *Lachnospira multiparous* il quale invece svolge il processo di fermentazione delle pectine (batterio pectinolitico), che costituiscono una quota importante dei polisaccaridi solubili presenti nei fieni di leguminose (Rinaldi, 2018). Oltre ai batteri degradatori sono presenti anche batteri detossificatori e utilizzatori di metano quali *Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanomicrobium mobile*: infatti essi usufruiscono dell'idrogeno liberato durante le fermentazioni batteriche per ridurre l'anidride carbonica (un altro prodotto di questi processi) a metano.

La costante produzione di metano permette di mantenere basse concentrazioni di idrogeno nel rumine; di conseguenza i batteri metanogeni promuovono la crescita di altre specie batteriche e garantiscono processi fermentativi più efficienti (Janssen e Kirs, 2008).

L'efficace rimozione dell'idrogeno mediata da questa tipologia di batteri, infatti, stimola alcune specie di microrganismi ad aumentare la loro produzione d'idrogeno tramite fermentazioni e percorsi metabolici a più alta resa. Una resa più elevata è sinonimo di un aumento nella produzione di proteina microbica e automaticamente di una maggiore quota di proteina disponibile per l'animale (Krehbiel, 2014).

I microrganismi procarioti come i batteri, però, non sono gli unici a popolare il rumine dei bovini. Infatti, sono presenti anche protozoi, per lo più ciliati ed anaerobi obbligati, anch'essi abili nella degradazione della cellulosa e nella fermentazione degli zuccheri. Si ritiene comunque che la loro funzione principale sia quella di controllo e regolazione: possiedono difatti la capacità di fagocitare i batteri e grazie a quest'ultima mantengono il corretto un corretto equilibrio tra le diverse popolazioni microbiche procariotiche presenti (Krehbiel, 2014). Ai fini della digestione, questo processo risulta efficace in quanto il prevalere di una specie microbica sull'altra può causare degli squilibri molto pericolosi all'interno dell'ecosistema ruminale.

Inoltre, il rumine è popolato anche da funghi anaerobi di dimensioni microscopiche (alternano la forma cigliata a quella tallica) che contribuiscono al processo digestivo delle cellulose e dell'emicellulose.

Come accennato in precedenza, le proteine, gli oligopeptidi, i singoli amminoacidi e la quota di azoto non proteico (ammoniaca ed ammine) sono sfruttate dai microrganismi ruminali per sintetizzare nuovi amminoacidi e poi altre proteine *ex-novo*, e affinché questo si verifichi, i microrganismi devono disporre di energia e di azoto in contemporanea. Nello specifico, i batteri sono in grado di produrre energia sottoforma di molecole di ATP a partire da molecole di glucosio ottenute grazie alla fermentazione dei carboidrati (Bittante et al, 1997).

L'energia deve essere necessariamente investita nella costruzione di nuove proteine, in quanto i batteri non hanno la possibilità di conservare le molecole di ATP prodotta per utilizzarla in altre circostanze. Di conseguenza, lo scopo principale per il batterio è quello di recuperare sostanze azotate: questa tipologia di sostanze può essere ottenuta sia dalla fermentazione rapida di sostanze non proteiche (nitriti, nitrati e urea) sia dalla fermentazione di amminoacidi, oligopeptidi e proteine (più lenta). In questo modo, le popolazioni batteriche presenti nel rumine hanno la possibilità di costruire delle proteine *ex-novo* in base ai propri fabbisogni (per esempio accrescimento e sviluppo).

Una volta terminato il ciclo vitale, anche i microrganismi popolanti il rumine vengono digeriti nell'abomaso e con essi vengono assorbiti gli amminoacidi costituenti le proteine

microbiche, hanno un valore nutrizionale (e sono ben bilanciate) rispetto agli aminoacidi presenti nelle proteine vegetali introdotte con la dieta.

1.2 Il vantaggio di essere un ruminante

I ruminanti hanno adottato una strategia di digestione diversa rispetto agli erbivori monogastrici, che risiede nel posizionamento delle fermentazioni all'interno dell'apparato digerente: nei ruminanti (fermentatori craniali) le fermentazioni hanno luogo nei tre prestomaci disposti tra esofago e stomaco ghiandolare, mentre negli erbivori monogastrici (fermentatori caudali) le fermentazioni si verificano nell'intestino crasso, il quale risulta molto sviluppato (Bittante et al, 1997).

I ruminanti, tramite l'attività digestiva dei microrganismi ruminali, conseguono un utilizzo efficiente delle molecole organiche presenti nelle piante, cosa che nessun altro vertebrato è in grado di fare in questo modo. Inoltre, i ruminanti possiedono un efficiente meccanismo di riciclo dell'azoto, che permette a questi di crescere e svilupparsi nutrendosi principalmente di alimenti ricchi di fibra (parete vegetale), una delle risorse organiche più abbondanti in natura. Questi animali hanno anche sviluppato diversi adattamenti (dentatura e ruminazione) per sminuzzare gli alimenti più facilmente e quindi facilitare l'attività microbica (Pérez-Barberia, 2020).

Per quanto riguarda i meccanismi che caratterizzano il processo di digestione, il glucosio che viene ricavato da cellulosa, amido e pectine grazie all'azione dei microrganismi non viene utilizzato tal quale dall'animale, come si potrebbe pensare, ma viene impiegato dai batteri ruminali per svolgere reazioni di fermentazione che hanno come scarto finale delle fermentazioni diversi acidi grassi volatili (tra cui acido acetico, propionico e butirrico) che verranno successivamente trasferiti al flusso sanguigno grazie alla capacità di assorbimento delle pareti del rumine e andranno a costituire una vera risorsa per l'animale. In particolare, le molecole di acido propionico sono sfruttate nel fegato per la costruzione di molecole di glucosio (gluconeogenesi epatica) (Fantini, 2012). Queste, vengono impiegate in molteplici processi, tra cui la formazione di molecole di glicerolo utilizzate per la sintesi grassi nella mammella e nel tessuto adiposo. Il glucosio è sfruttato anche nella sintesi delle molecole di lattosio (componente osmoticamente attivo per la produzione di latte) nella ghiandola mammaria. L'acido acetico, in gran parte, e l'acido butirrico, in minore quantità, sono utilizzati per la formazione delle corte catene di acidi grassi adoperati per la sintesi di trigliceridi nella mammella.

Il percorso seguito dagli acidi grassi volatili all'interno dell'organismo è la dimostrazione di uno dei vantaggi dell'apparato digerente dei ruminanti e di conseguenza dei bovini: grazie alle caratteristiche del microbiota presente nel rumine, vengono sfruttati alimenti, come i foraggi grossolani, che altri animali non sarebbero in grado di utilizzare, tramite la produzione di specifici enzimi di origine microbica (ad esempio la cellulasi). Dalla degradazione di questi alimenti viene ricavata energia utile sia per il mantenimento della biocenosi ruminale (ATP derivante da molecole di glucosio) sia per il mantenimento e la crescita del bovino stesso (acidi grassi volatili) (Bittante et al, 1997).

Grazie a un microbiota così unico, i ruminanti ricavano quindi nutrimento dalle tre principali categorie di polisaccaridi presenti nelle loro diete (cellulosa, amido e pectine), nonostante il loro genoma sia sprovvisto dei geni codificanti per i relativi enzimi digestivi.

Il rumine è quindi un chiaro esempio di simbiosi mutualistica. L'animale offre ai microrganismi un ambiente adatto alla loro attività e alla loro crescita, in cambio di nutrienti ricavati da alimenti che l'animale non sarebbe in grado di digerire.

È necessario sottolineare come i microrganismi presenti nel rumine siano anche in grado di sintetizzare praticamente tutti i tipi di vitamine ed in particolare le vitamine del gruppo B, in genere carenti o assenti nel mondo vegetale. Risulta infatti raro il verificarsi di carenze di tali vitamine nei ruminanti. Generalmente, i mammiferi riescono a sintetizzare solo due tipi di vitamina B e per ottenere le altre tipologie necessitano di risorse alimentari specifiche (Krehbiel, 2014).

Per quanto riguarda le proteine, nell'alimentazione dei bovini a base vegetale sono tendenzialmente presenti proteine a basso valore biologico, ovvero contenenti piccole quantità di amminoacidi essenziali. Tutti gli esseri viventi, infatti, sono in grado di sintetizzare amminoacidi, ma non tutti riescono a costruirsi l'intera gamma di amminoacidi di cui necessitano e di conseguenza, devono obbligatoriamente assumere i cosiddetti amminoacidi essenziali tramite le loro diete. Nei ruminanti, la costruzione di proteine microbiche *ex-novo* a partire dalla fermentazione delle proteine e dall'azoto non proteico forniti nella dieta, permette un incremento del profilo amminoacidico, il quale risulta elevato e molto simile a quello necessario alla sintesi dei principali prodotti di origine animale: latte e carne (Vandoni e Pirondini, 2017). La biocenosi presente nel rumine, infatti, è abile nello sfruttare l'azoto non proteico (principalmente di natura ammoniacale) e organico (in forma ureica o proteica) per sintetizzare amminoacidi essenziali. Successivamente, batteri e protozoi fluiscono nello stomaco ghiandolare e nell'intestino tenue dove vengono

rispettivamente digeriti e quindi gli aminoacidi singoli vengono assorbiti dall'intestino, e possono permettere la crescita dei tessuti animali e la produzione di carne e di latte (Niwiska 2012).

La sintesi delle nuove proteine microbiche avviene grazie all'energia ottenuta dalle fermentazioni di foraggi grossolani e con basso valore biologico.

Alimento	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val
Proteina Microbica	144	75	100	82	103	93	100	127	90	95
Soia	225	110	88	88	87	58	121	98	293	78
Colza	229	120	78	81	82	80	117	117	113	85
Girasole	289	113	86	78	50	100	116	98	99	90
Cotone	290	120	63	71	61	67	141	85	85	93
Germe Di Mais	100	85	79	190	23	95	129	84	40	79

Tabella 1.1 - Confronto % tra profilo amminoacidico di alcuni alimenti, proteina microbica e profilo amminoacidico della proteina del latte. (Vandoni e Pirondini, 2017)

Dalla Tabella 1.1 è possibile osservare come la proteina microbica, in confronto alle altre tipologie di alimenti, sia quella con un profilo amminoacidico più simile a quello del latte, nello specifico per quanto riguarda le percentuali in metionina e lisina, ovvero primo e secondo amminoacido limitante per la sintesi della proteina del latte stesso (Vandoni e Pirondini, 2017).

In definitiva, si può affermare che la digestione microbica ruminale attribuisca all'animale un maggiore rendimento sia dal punto di vista energetico che da quello biologico e proteico, soprattutto per quanto riguarda l'utilizzazione di alimenti grossolani, caratterizzati da bassa digeribilità, con un basso valore biologico e con elevato tenore in fibra, dimostrandosi un adattamento evolutivo molto vantaggioso (Pérez-Barberia, 2020).

I ruminanti, inoltre, hanno sviluppato con il tempo un meccanismo efficiente per riciclare l'azoto, il quale permette loro di soddisfare i propri fabbisogni nutritivi anche in diete caratterizzate da grandi carenze di questo elemento. Il riciclo dell'azoto (attraverso l'urea) è una peculiarità di questi animali e simboleggia un adattamento evolutivo utile per superare i periodi di carenza proteica alimentare che potevano e che ancora oggi, raramente, possono

nuocere alla biomassa presente nel rumine. Molta della proteina ingerita, infatti, viene fermentata liberando importanti quantità di azoto ammoniacale, in parte non utilizzabile con immediatezza dai microrganismi ruminali. La bovina risulta meno efficiente nella conversione dell'azoto alimentare in produzione, ossia in latte, rispetto ai monogastrici: in condizioni ottimali, una bovina da latte è in grado di convertire solo il 30% dell'azoto ingerito in proteina presente nel latte, al contrario dei monogastrici, nei quali tale tasso di conversione può raggiungere agevolmente il 50% (Fantini, 2009). In particolare, il surplus d'azoto è rappresentato principalmente dalle molecole di ammoniaca che risultano essere estremamente tossiche per i bovini: attraverso le pareti ruminali e la vena porta, l'ammoniaca viene trasformata nel fegato in urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), molecola meno nociva e pericolosa per l'organismo. Una parte dell'urea sintetizzata nel fegato viene espulsa tramite latte e urine, mentre una quota rilevante di essa ritorna nel rumine anche attraverso le pareti ruminali. Esiste un'ulteriore via per il riciclo dell'urea, ovvero attraverso la saliva, che può rappresentare fino al 50% dell'urea riciclata totale (Owens e Zinn, 1988). I livelli più elevati di riciclo dell'urea si verificano nelle razioni contenenti importanti quantità di fibra, in quanto la produzione di saliva nella ruminazione aumenta in maniera proporzionale rispetto al quantitativo di carboidrati strutturali presenti nella dieta. Il quantitativo di azoto ingerito, trasformato in urea, è stimato intorno al 50-70%, mentre la quota di azoto ingerito che ritorna al rumine in forma ureica si aggira tra il 30 e il 45% (Fantini, 2009).

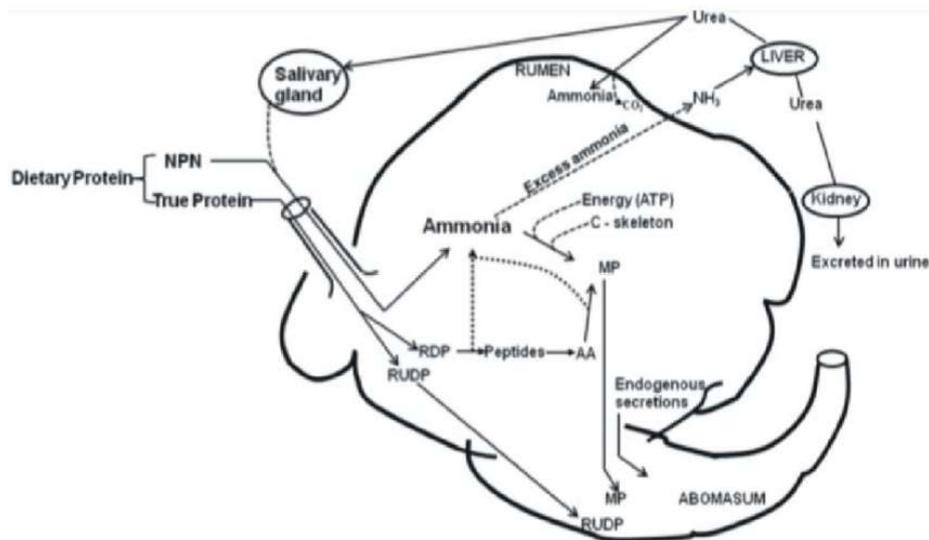


Figura 1.1 – Rappresentazione del metabolismo dell'azoto all'interno del rumine (Getabalew, 2020). Dove RDP corrisponde alla proteina degradabile nel rumine, RUDP rappresenta la quota di proteina indegradabile nel rumine e NPN simboleggia l'azoto non proteico ingerito.

L'obiettivo principale, nell'ottica dell'allevamento dei ruminanti, di conseguenza, diventa quello di trovare e scegliere delle strategie alimentari che consentano al ruminante di esprimere al meglio il proprio potenziale, sfruttando le comunità microbiche al suo interno e massimizzando il rapporto simbiotico che li unisce.

1.3 Il vantaggio di allevare bovine da latte

Una volta esplicitati i molteplici vantaggi forniti dalla strategia di digestione dei ruminanti, risulta più semplice comprendere i motivi che hanno portato l'essere umano ad allevare questo tipo di animali. La pratica dell'allevamento di bovini è da sempre considerato come un vero e proprio sistema abile nel convertire foraggi e altri alimenti non utilizzabili dall'uomo in alimenti ad alto valore biologico come carne e latte (Sangiorgi et al, 2003). Nello specifico, il latte ricavato dalla mungitura delle bovine, si è dimostrato un alimento ricco, completo e con un basso costo di produzione, che ha permesso all'uomo di evolversi nel corso del tempo.

Nella bovina da latte, l'essere umano ha incontrato un vero e proprio fermentatore in grado di produrre, con efficienza, proteine ad elevato valore biologico a partire da altre proteine a basso valore biologico e da azoto non proteico. Sotto il profilo chimico, infatti, le proteine presenti nel latte vaccino, contengono in proporzioni equilibrate gli amminoacidi essenziali per l'organismo umano, oltre ad essere proteine altamente digeribili (Antunes et al, 2002).

Le proteine del latte rivestono un ruolo cruciale nello svolgimento di numerosi processi biologici utili per la crescita e lo sviluppo del corpo umano. Oltre a possedere dei buoni livelli di proteina, il latte è anche un alimento ricco di energia, di acidi grassi a corta catena, di vitamine e di minerali, tra cui calcio, fosforo, potassio, iodio, magnesio e zinco (Cianci, 2016).

1.4 Le analisi degli alimenti

Disporre di foraggi di qualità elevata all'interno di un allevamento di bovini da latte, è sinonimo di una migliore gestione dell'alimentazione e in genere anche di sostenibilità economica dell'azienda. Produrre foraggi di qualità rappresenta una delle chiavi per incrementare la produzione di latte e assicurare buone condizioni di benessere animale, oltre a incidere positivamente sull'economicità dell'azienda. Per valutare la qualità dei foraggi è necessario conoscere il loro valore nutritivo, il quale varia principalmente in base alla

concentrazione in parete vegetale (NDF), proteina grezza, carboidrati non strutturali (NFC), estratto etereo e ceneri.

1.4.1 I glucidi

Comunemente chiamati carboidrati, i glucidi, raffigurano la fonte di energia primaria nelle diete dei ruminanti (Formigoni e Nocetti, 2014). Negli alimenti di origine vegetale, i carboidrati possono essere presenti in forme più o meno complesse e, in base alla loro composizione chimica, vengono digeriti e di conseguenza utilizzati in maniera differente nel rumine.

Tra le varie categorie di glucidi che si possono incontrare nel rumine si distinguono gli zuccheri solubili con fermentazione quasi immediata, la fibra (parete vegetale) e altri carboidrati con degradazione più lenta, fino ad arrivare alle frazioni glucidiche o di sostanze intrappolate nella parete vegetale che non vengono nemmeno fermentate rappresentando dunque un ingombro (lignina, che non è un carboidrato ma un insieme di composti fenolici). Di zuccheri solubili sono generalmente ricchi i foraggi giovani, i quali possono arrivare a contenerne valori vicini al 10% sulla sostanza secca (Formigoni e Nocetti, 2014).

Oltre ad andare incontro a una fermentazione molto rapida, gli zuccheri solubili rendono i foraggi più appetibili. I foraggi, in particolare i fieni, possono contenere tracce di amidi ma, tranne nel caso in cui a essere affienati siano dei cereali, le quantità sono estremamente piccole.

Le frazioni glucidiche digerite in tempi più lunghi sono rappresentate dai costituenti delle pareti delle cellule vegetali che costituiscono una risorsa energetica unica e insostituibile per i bovini. Proprio perché imprescindibili, risulta importante analizzare queste frazioni in maniera approfondita. Tra queste troviamo la fibra neutro detersa (NDF) costituita da cellulosa, emicellulosa e lignina, la fibra acido detersa (ADF) che differisce dall’NDF per l’assenza di emicellulosa e infine la lignina (ADL) che limita l’attività di degradazione del rumine. La fibra neutro detersa (NDF), a differenza della lignina, rallenta i processi di degradazione ruminali, ma non li interrompe, in quanto la prima è degradabile mentre la seconda non riesce ad essere degradata nel rumine e quindi in tutto il tratto gastro-intestinale. Nelle diete per bovini da latte, si preferisce quindi utilizzare foraggi che abbiano concentrazioni più contenute di NDF, ma soprattutto di ADL, per garantire buoni livelli di ingestione da parte dell’animale.

Alcune ricerche sono state in grado di dimostrare che per ogni punto percentuale di aumento della degradabilità della fibra è possibile ottenere un incremento nella produzione di latte (0,24 kg) e nell'ingestione di sostanza secca (0,17 kg) (Oba e Allen, 1999).

È essenziale quindi che all'interno della razione sia presente una quota adeguata di NDF, pari circa al 28-30% della sostanza secca (Formigoni e Nocetti, 2014): questa quota di fibra risulta cruciale per stimolare la masticazione e produrre saliva utile al mantenimento di un pH ruminale equilibrato e alla prevenzione di problematiche sanitarie come l'acidosi.

Inoltre, una provenienza da foraggi pari al 75% del totale di NDF è fondamentale per assicurare un buon apporto di fibra lunga e strutturata (utile ai fini della ruminazione e poi della produzione di AGV nel rumine).

1.4.2 Le frazioni azotate

Nella maggior parte dei casi, definire la quota di frazioni azotate significa risalire alla percentuale di proteine grezze sulla sostanza secca, il che risulta attendibile per la valutazione della qualità di un foraggio. Come i carboidrati, anche le frazioni azotate assumono comportamenti molto differenti durante la digestione dei bovini. Si distinguono principalmente la porzione di azoto non proteico come ammoniaca (NH_3) utilizzata dai batteri cellulolitici nella sintesi della proteina microbica; la quota di proteina vera e propria che include proteine rapidamente degradate, proteine lentamente degradate (associate alla parete cellulare) e proteine che scavalcano il rumine per essere degradate nello stomaco ghiandolare (proteina by-pass); la frazione proteica legata alla lignina e quindi indegradabile nel rumine e indigeribile anche nell'abomaso e nell'intestino. Tenzialmente, le porzioni azotate solubili, si trovano in quantità più elevate nei foraggi raccolti precocemente, ricchi di foglioline e proteine.

Una prevalenza in frazioni azotate resistenti alle degradazioni ruminali si può registrare in foraggi raccolti in stadi di maturità già avanzati e in fieni conservati in condizioni di forte umidità che permettono lo sviluppo di fermentazioni e riscaldamento.

Quantificare le componenti azotate, nel loro insieme, permette di valutare l'azoto messo a disposizione del microbiota ruminale, in modo tale da poter equilibrare la razione per massimizzare l'attività all'interno del rumine.

1.4.3 Le ceneri

Risalire al contenuto di ceneri presenti in un foraggio permette di definirne soprattutto il livello di contaminazione da impurità presenti nel terreno, perché generalmente nei foraggi freschi il contenuto in ceneri è piuttosto basso. Questa criticità si verifica principalmente nei casi in cui non vengono seguite buone pratiche di fienagione o quando la fienagione viene svolta con condizioni meteorologiche avverse o subito dopo un periodo di piogge intense.

Alcune azioni che possono favorire un incremento della quota di ceneri nei foraggi sono lo sfalcio esageratamente aderente al terreno, l'utilizzo di attrezzature non adatte nei processi di rivoltamento e andatura e la presenza di terreni troppo poco compatti e di colture foraggere in grado di sviluppare scarse quantità di cotico erboso. Per definire un foraggio *di qualità*, il quantitativo di ceneri dovrebbe rimanere al di sotto del 10% (Formigoni e Nocetti, 2014) della sostanza secca; mentre dei livelli superiori dovrebbero attirare l'attenzione dell'allevatore per valutarne l'utilizzo.

1.5 L'importanza di una corretta alimentazione negli allevamenti

Al contrario di quanto si potrebbe pensare, l'alimentazione non svolge solamente il compito di soddisfare i fabbisogni di mantenimento e produzione degli animali presenti all'interno di un allevamento. Uno tra gli aspetti gestionali maggiormente influenzato dall'alimentazione del bestiame, è sicuramente quello economico. Si pensi che mediamente, circa l'85% dei costi variabili (o costi di primo livello) di un allevamento è occupato dalle spese per l'alimentazione (RICA, 2024).

In particolare, i reimpieghi dei prodotti aziendali, tra i quali è incluso il valore dell'erba pascolata, sono più rilevanti nelle aziende di montagna (37% dei costi variabili) in confronto alle aziende più grandi di pianura (24% dei costi variabili) (RICA, 2024). Questi dati dovrebbero motivare ancor di più le aziende agricole di montagna a produrre foraggi di qualità e a pianificare l'attività di pascolamento con maggiore attenzione e rigore. Disporre di foraggi di alta qualità, specialmente se autoprodotti, può significare una riduzione della percentuale di materie prime acquistate presenti all'interno della razione (soia, farina di mais ecc.), oltre a garantire un'assunzione di alimenti di qualità ai propri animali.

Più l'autosufficienza alimentare si dimostra bassa, più l'azienda zootecnica sarà esposta alle fluttuazioni dei prezzi delle materie prime presenti sul mercato (Padraing, 2021).

Osservando la Tabella 1.2 e la Tabella 1.3 è possibile notare le principali differenze tra le produzioni, le rese, i costi variabili e i ricavi medi degli allevamenti di montagna (Tabella 1.2) e degli allevamenti di pianura (Tabella 1.3). I costi da sostenere per acquistare mangimi e foraggi occupano una quota notevole dei costi di produzione nel settore lattiero-caseario. Nello specifico, i mangimi acquistati incidono mediamente per una quota pari al 61% dei costi variabili, percentuale che può variare nelle aziende più grandi (66%) e nelle aziende di piccole dimensioni (56%) (RICA, 2024).

Nelle aziende di dimensioni ridotte (molto comuni tra le realtà di montagna), la quota relativa ai rimpieghi aziendali, specialmente i foraggi, incide su circa un terzo delle spese variabili totali. Questo spiega come gli allevamenti più piccoli, per contenere i costi, tendano a sfruttare maggiormente i foraggi autoprodotti. Per questo motivo, risulta ancora più importante produrre foraggi di qualità, soprattutto per le aziende agricole di montagna.

Inoltre, le variazioni significative dei prezzi di mercato dei mangimi possono avere un impatto notevole sul costo di produzione del latte, rendendo essenziale per le aziende una gestione attenta degli approvvigionamenti e una pianificazione strategica per affrontare queste fluttuazioni.

Di fronte a un'incidenza così importante sui costi variabili sostenuti da un'azienda, è fondamentale che gli alimenti risultino di qualità elevata, per migliorare resa ed efficienza all'interno dell'allevamento.

Categoria	Unità di misura	Meno di 50 capi	Da 50 a 150 capi	Oltre 150 capi	Media Italia
Produzione latte	t	129,2	501,7	1.388,5	427,2
Resa unitaria	q	59,5	62,5	67,9	65,7
Costi di produzione di 1° livello (costi variabili)	centesimi/l	29,0	27,3	26,4	27,1
Mangimi	centesimi/l	13,7	14,8	15,2	14,3
Foraggi	centesimi/l	2,2	2,5	2,4	2,2
Reimpieghi prodotti aziendali	centesimi/l	9,1	6,5	5,6	6,7
Energia	centesimi/l	1,3	0,9	0,9	1,0
Medicinali e spese veterinarie	centesimi/l	1,2	1,1	0,9	1,3
Altre spese variabili	centesimi/l	1,4	1,4	1,3	1,5
Prezzo di vendita	centesimi/l	40,6	42,0	44,2	42,3
Shortfall (prezzo - cdp 1° livello)	centesimi/l	11,6	14,7	17,8	15,3
Shortfall	%	40,0	53,9	67,6	56,5

Tabella 1.2 - Costo di produzione di primo livello nelle aziende specializzate nell'allevamento dei bovini da latte, con produzione di latte superiore a 500 q, ubicate in montagna (RICA, 2024)

Tra gli allevamenti di montagna e gli allevamenti di pianura, le principali differenze si verificano a livello della produzione totale di latte (maggiore di circa 1/3 in pianura) e della resa unitaria (maggiore di quasi 2 tonnellate per le aziende di pianura). Un'altra differenza di radicale importanza è individuabile nel prezzo medio di vendita. Di fronte a questa situazione, risulta ovvio rilevare dei valori di *shortfall* (differenza tra il prezzo medio di vendita e i costi variabili) decisamente migliori per le aziende situate nelle zone di pianura.

Ovviamente il prezzo di vendita è riferito al conferimento del latte a un consorzio o a una latteria. Tramite la caseificazione e la successiva vendita diretta, il valore di un litro di latte (stimando una resa in formaggio pari a 10:1) si aggira intorno a 1 € (Dati CLAL, 2023), mentre il prezzo medio del latte crudo alla stalla, in Italia, nel 2023 è risultato pari a 0,52 € (Dati CLAL, 2023). Da qui è possibile dimostrare come la pratica della caseificazione, se eseguita correttamente sotto il profilo qualitativo, possa rendere sostenibile, dal punto di vista economico, l'allevamento di bovini da latte in montagna.

Categoria	Unità di misura	meno di 50 capi	da 50 a 150 capi	oltre 150 capi	Media Italia
Produzione latte	t	212,8	716,9	1.863,1	427,2
Resa unitaria	q	70,5	76,7	80,5	65,7
Costi di Produzione di 1° livello (Costi variabili)	Centesimi/l	29,2	26,8	25,8	27,1
Mangimi	centesimi/l	13,4	14,0	14,7	14,3
Foraggi	centesimi/l	1,7	2,2	2,2	2,2
Reimpieghi prodotti aziendali	centesimi/l	9,9	6,7	5,2	6,7
Energia	centesimi/l	1,4	1,0	0,7	1,0
Medicinali e spese veterinarie	centesimi/l	1,4	1,3	1,3	1,3
Altre spese variabili	centesimi/l	1,4	1,6	1,6	1,5
Prezzo di vendita	centesimi/l	43,2	45,9	44,3	42,3
Shortfall (Prezzo - CdP 1° livello)	centesimi/l	14,0	19,0	18,4	15,3
Shortfall	%	47,8	70,9	71,2	56,5

Tabella 1.3 - Costo di produzione di primo livello nelle aziende specializzate nell'allevamento dei bovini da latte, con produzione di latte superiore a 500 q, ubicate in pianura (RICA, 2024)

Passando al confronto tra i costi di produzione totali e il prezzo medio di vendita del latte, la situazione appare decisamente più critica: in pianura per due aziende su tre il costo totale unitario è superiore al prezzo pagato nella vendita del latte; lo scenario peggiora nelle zone montane, dove soltanto un'azienda su dieci riesce a contenere i costi totali sotto il livello del prezzo del latte alla stalla (RICA, 2024).

Infine, impiegare foraggi di alta qualità, specialmente dal punto di vista proteico, oltre a generare un vantaggio economico, permette di diminuire l'impatto ambientale degli allevamenti sotto il profilo dell'impronta di carbonio (*carbon footprint*) per chilo di latte prodotto (Tabacco et al, 2022). Per un'azienda agricola, riuscire ad autoprodurre buona parte della componente proteica costituente la propria razione, consente di ridurre gli acquisti di mangimi o di altre fonti proteiche al di fuori del cerchio aziendale.

Una maggiore autosufficienza proteica permette anche di avere la possibilità di diminuire notevolmente l'impronta carbonica per ogni chilo di latte prodotto, sia a causa della riduzione degli input esterni sia grazie alla capacità dei terreni aziendali di avere una produttività più efficiente e di sequestrare dall'atmosfera una quantità maggiore di CO₂.

Il livello di *carbon footprint* degli allevamenti di bovini da latte è condizionato principalmente dalla tipologia di alimentazione adottata, dallo sfruttamento dei pascoli e soprattutto dalla resa unitaria delle vacche da latte (Sorley et al., 2024).

2. SCOPO DELLA RICERCA

Questa ricerca ha avuto lo scopo primario di valutare la qualità degli alimenti e delle razioni somministrate alle bovine da latte di quattro allevamenti situate nel territorio alpino lombardo e trentino.

Inoltre, la ricerca si è posta l'obiettivo di valutare quanto la qualità dell'alimentazione incida sulla sostenibilità economica e ambientale delle quattro aziende agricole oggetto di studio, al fine di valutarne anche l'efficienza alimentare e azotata.

Per conseguire questo tipo di valutazione sono stati raccolti e analizzati i foraggi utilizzati per alimentare le bovine, oltre a essere stati consultati i controlli funzionali effettuati nelle aziende e aver raccolto dalle testimonianze degli allevatori i dati d'interesse gestionale.

3. MATERIALE E METODI

3.1 Descrizione delle aziende oggetto di studio

Lo studio condotto tra i mesi di marzo e luglio 2024 ha avuto come oggetto di osservazione quattro realtà del territorio alpino italiano: tre situate in Vallecamonica (Lombardia) indicate rispettivamente con le lettere P, O e B e una, nella Provincia Autonoma di Trento, denominata S. I criteri che hanno portato al confronto e alla scelta di queste quattro aziende come oggetto di studio sono stati principalmente quelli legati alla posizione geografica e all'altitudine. Inoltre, sono stati valutati la modalità di stabulazione, la distribuzione della razione, la tipologia di razza allevata, il numero di capi allevati, l'utilizzo del latte e la pratica (o meno) dell'attività di monticazione. Il quadro sinottico (Tabella 3.1) fa riferimento ai criteri sopra indicati applicati alle aziende oggetto dello studio.

Criteri	P	O	B	S
Posizione geografica	Alta Valle Camonica (Corteno Golgi)	Alta Valle Camonica (Berzo Demo)	Bassa Valle Camonica (Prestine)	Valli Giudicarie, Bleggio Superiore (Stenico)
Altitudine (m s.l.m.)	900	600	750	700
Utilizzo del latte	Trasformazione	Trasformazione	Trasformazione	Conferimento a Latteria
Alpeggio	Sì	Sì	Sì	No
Razza allevata (prevalente)	Pezzata Rossa Italiana, Bruna Italiana e Bruna Alpina Originale	Bruna Italiana	Bruna Italiana	Frisona Italiana
Numero medio di capi in lattazione	26	40	30	31
Stabulazione	Libera	Fissa	Libera	Libera
Somministrazione della razione	Distribuzione manuale	Distribuzione manuale	Piatto unico (Unifeed)	Piatto unico (Unifeed)

Tabella 3.1 - Quadro sinottico descrittivo delle aziende oggetto d'indagine

Le aziende P, O e B sono accomunate dalla pratica della monticazione e dalla trasformazione del latte prodotto in azienda; l'azienda S è l'unica delle quattro che non pratica l'alpeggio oltre ad essere la sola a conferire il latte prodotto a una latteria e ad utilizzare foraggi insilati per la nutrizione dei propri bovini.

Le razze allevate nelle quattro aziende formano un quadro abbastanza variegato: dalla Frisona e Bruna italiane (pure lattifere) alla Pezzata Rossa Italiana (a duplice attitudine), alla Bruna Alpina Originale (a duplice attitudine e ottima pascolatrice).

Per quanto riguarda la somministrazione degli alimenti al bestiame vi è una situazione di parità, in quanto nelle aziende O e P avviene una distribuzione manuale del foraggio, mentre nelle aziende B e S viene impiegata la razione a "piatto unico" distribuita tramite carro miscelatore.

La tecnica di stabulazione libera allinea tutte le aziende tranne l'azienda O, all'interno della quale gli animali sono allevati in condizioni di stabulazione fissa.

3.2 Campionamento alimenti

Gli alimenti utilizzati per l'alimentazione bovini sono stati raccolti in tutte le quattro aziende tramite campionamento ad intervalli di circa 60 giorni l'uno dall'altro, nei mesi di marzo, maggio e luglio. I prelievi effettuati a marzo e a maggio sono stati eseguiti nelle stalle di tutte le aziende, mentre nel periodo estivo, per le aziende P, O e B la raccolta dei foraggi (erba fresca) si è spostata in alpeggio. Nello specifico, la misura dei prelievi in alpeggio è stata di 6 m di lunghezza per 8 cm di larghezza; questa tipologia di prelievi è stata realizzata con l'ausilio di due strumenti: una bindella (misurazione della lunghezza) e un tosaerba portatile (largo appunto 8 cm).

All'attività di campionamento dei vari alimenti ha fatto seguito, grazie alla disponibilità degli allevatori, la descrizione della razione giornaliera somministrata alle bovine da latte, in asciutta e alle manze presenti. Le razioni prese in esame presentavano differenze in composizione e quantità ed erano costituite da foraggi secchi, insilati e freschi, mangimi e concentrati.



Figure 3.1 e 3.2 - Attività di campionamento in alpeggio

3.2.1 Foraggi secchi

Nel corso delle procedure di raccolta, realizzate per ogni azienda, sono stati prelevati in ogni azienda campioni significativi per ogni varietà di foraggio. Ciascun campione è stato identificato con una sigla riportante l'azienda di provenienza, la tipologia di foraggio e la data del prelievo. Poiché la conservazione dei foraggi in un ambiente controllato è fondamentale per preservarne la qualità e garantire risultati attendibili nelle analisi successive, i campioni sono stati conservati in luogo fresco e asciutto fino al momento delle analisi di laboratorio.

3.2.2 Foraggi insilati

Come specificato in precedenza, l'azienda S fa uso di foraggi insilati per alimentare le proprie bovine. Per questa tipologia di foraggi, è stato utilizzato lo stesso procedimento di identificazione impiegato per i foraggi secchi. I campioni di foraggi insilati, una volta raccolti, sono stati conservati mediante congelamento, per mantenere il più possibile le caratteristiche originarie dell'alimento fino all'analisi di quest'ultimo. Queste pratiche contribuiscono a garantire che i risultati delle analisi siano rappresentativi delle caratteristiche originarie dell'alimento.

3.2.3 Mangimi e Concentrati

In merito a mangimi e concentrati, non è stato eseguito alcun tipo di campionamento e di analisi in nessun allevamento, dal momento che la loro costituzione era già fornita dall'etichetta, che deve obbligatoriamente accompagnarli. Sull'etichetta (ad esempio Figura 3.3) è indispensabile ritrovare il nome commerciale dell'alimento, la specie animale alla quale esso è destinato, la composizione (con precisazioni sulla presenza di eventuali materie prime geneticamente modificate), le percentuali dei componenti analitici presenti nel mangime (impiegati all'interno della valutazione della razione), la presenza di eventuali additivi (vitamine, urea, microrganismi) con relative avvertenze aggiuntive, la data di scadenza, il numero del lotto e il peso netto.

MAGNIFEED INDUSTRY

MANGIME COMPLEMENTARE PER VACCHE DA LATTE

Composizione:

Mangimi a base di farina (di semi) di soia(*), Farinaccio di frumento duro, Soia integrale fioccata, Girasole farina d'estrazione, Granturco farina glutinata, Granturco macinato, Polpe di barbabietola essiccate, Biscotti secchi, Fosfato bicalcico, Calcio carbonato

* Da soia geneticamente modificata

Componenti analitici % stq	Additivi per kg		
Proteina grezza	25,00 %	Vitamine, pro-vitamine e sostanze ad effetto analogo chimicamente ben definite	
Grassi grezzi	5,00 %	3a821 Vitamina B1 (Mononitrato di tiamina)	10,00 mg
Fibra grezza	7,69 %	Vitamina B12 (Cianocobalamina)	0,10 mg
Ceneri grezze	8,93 %	Vitamina B2 (Riboflavina)	5,00 mg
Sodio	0,06 %	3a700 Vitamina E (RRR-alfa-tocoferile acetato)	30,00 mg
		3a672c Vitamina A (Propionato di retinile)	12.000,00 UI
		3a671 Vitamina D3 (colecalfiferolo)	5.000,00 UI
		Composti di oligoelementi	
		3b405 Rame (Solfato di rame(II) pentaidrato)	60,00 mg
		3b203 Iodio (Iodato di calcio anidro in granuli rivestiti)	10,00 mg
		3b101 Ferro (Carbonato di ferro (II) siderite)	800,00 mg
		3b601 Zinco (Acetato di zinco diidrato)	200,00 mg
		Urea e suoi derivati	
		3d1 Urea	10.000,00 mg
		Microorganismi	
		E 1711 Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077	900.000.000,00 CFU

Istruzioni per l'uso

Somministrare alle bovine da latte alla quantità di 6 kg al giorno assieme a cereali e foraggi di buona qualità. Lasciare a libera disposizione degli animali acqua fresca e pulita. Consultare il nostro servizio assistenza tecnica per ottenere le migliori informazioni

Avvertenze aggiuntive additivi:

3a671 - Non è consentito l'uso simultaneo di vitamina D2, 3b405 - Se il tenore di rame nel mangime è inferiore a 20 mg/kg: Il tenore di rame in questo mangime può causare carenze di rame in bovini al pascolo in luoghi ad alto tenore di molibdeno o di zolfo, 3d1 - Somministrare urea solo ad animali con ruminne funzionante. Somministrare la dose massima di urea in modo graduale. Il tenore massimo di urea deve essere somministrato solo come parte di una dieta ricca di carboidrati facilmente digeribili e con basso tenore di azoto solubile. Un massimo del 30 % del totale di azoto nella razione giornaliera deve derivare da urea-N, E 1711 - La quantità di Saccharomyces cerevisiae nella razione giornaliera non deve essere superiore a $8,4 \times (10)^9$ CFU per 100 kg di peso vivo. Aggiungere $1,8 \times (10)^9$ CFU per ogni 100 kg di peso vivo.

Da consumarsi preferibilmente entro: 06/2020 **Lotto nr:**

Riconoscimento / Registrazione Nr° alT **Peso netto:**

Figura 3.3 – Etichetta di mangime complementare per bovine da latte

3.3 Analisi dei foraggi

La spettroscopia NIR o *Near Infrared Spectroscopy* è una delle tecniche di analisi utilizzate per valutare la componente chimica di molteplici materiali e prodotti: si basa sull'interazione tra le radiazioni presenti nel vicino infrarosso e le strutture molecolari dei materiali stessi.

Le analisi chimiche dei foraggi raccolti e conservati sono state effettuate con uno strumento NIR portatile (Aurora della GrainIt, Figura 3.4), utilizzando il sistema di curve modellizzate fornite dal software *InProcess*. Prima di ogni analisi è stato quindi necessario individuare la curva di calibrazione più adatta (in base all'alimento analizzato) per poi inserire il campione uniformemente pressato all'interno di un apposito contenitore (Figura 3.5), procedendo poi con l'analisi scorrendo lo spettroscopio più volte sul foraggio, ottenendo il risultato in pochi istanti. Il numero di scorrimenti varia a seconda della tipologia di foraggio preso in esame. Sono state disponibili curve di calibrazione sviluppate appositamente per fornire informazioni per fieni, erbe fresche, insilati e Unifeed, sulla composizione percentuale in sostanza secca, ceneri, proteine, NDF, ADF, e in alcuni casi amido (foraggi insilati).

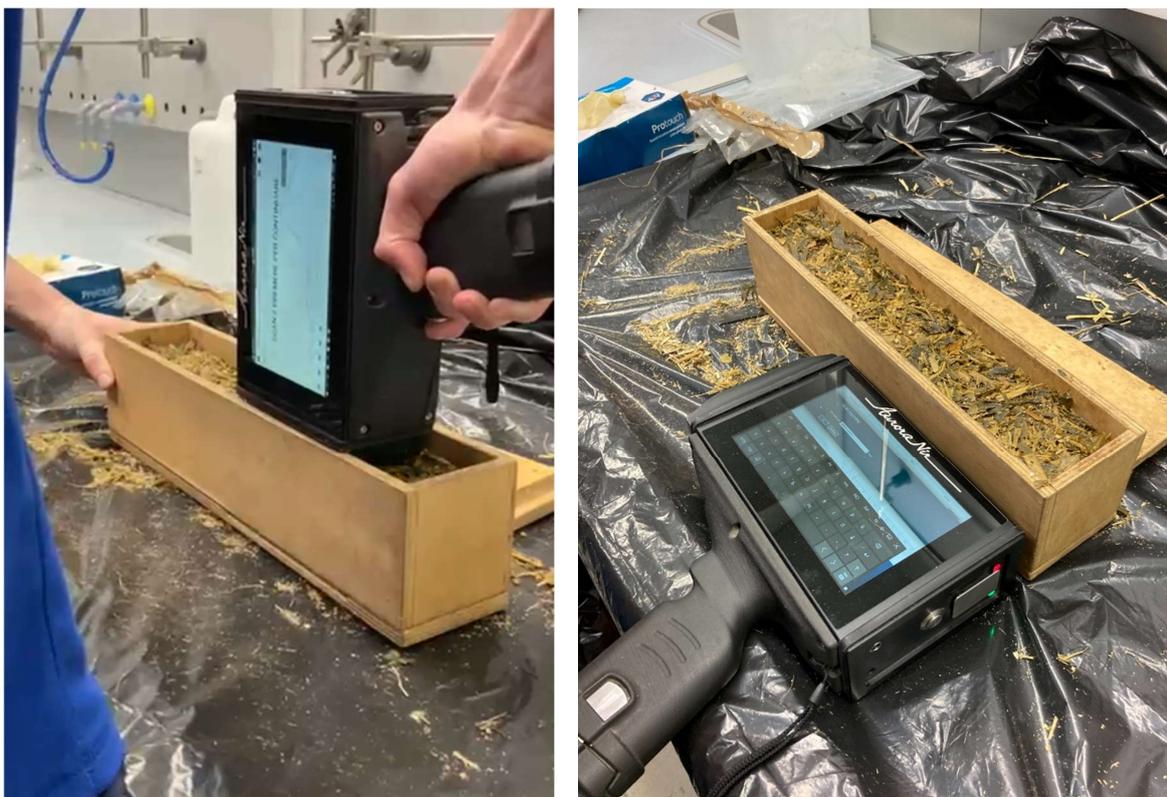


Figure 3.4 e 3.5 – Analisi in laboratorio dei foraggi con spettroscopio NIR

Il valore nutritivo dei foraggi, come del resto di tutti gli alimenti, è legato alla qualità che a sua volta è strettamente correlata alla composizione: i dati che si possono acquisire dai risultati analitici possono essere applicati all'interno della costruzione di diete e razioni equilibrate, adatte a soddisfare i fabbisogni nutritivi dei microrganismi ruminanti e di conseguenza delle bovine.

Per ottenere dei valori attendibili è essenziale che il campione sia rappresentativo del lotto di foraggio oggetto d'indagine: affinché questo si verifichi è opportuno prelevare piccoli campioni da punti diversi, per poi raccogliarli in un contenitore unico, banalmente un sacchetto alimentare.

3.4 Analisi delle produzioni di latte

I dati riguardanti la produzione di latte delle bovine non sono stati raccolti direttamente in allevamento, ma è stato possibile utilizzare i controlli funzionali svolti dall'AIA (Associazione Italiana Allevatori) ogni mese, all'interno di tutte le aziende. Questa tipologia di analisi, infatti, restituisce i valori relativi alla produzione di latte e alla composizione qualitativa (grasso, proteine, lattosio, cellule somatiche) per ogni bovina presente all'interno dell'allevamento (figura 3.6). I controlli funzionali sono in grado di fornire il livello di cellule somatiche presenti nel latte di ogni bovina e quindi di definirne il livello di sanità. Con l'utilizzo di Microsoft Excel è stato possibile elaborare i dati derivati dai controlli svolti tra il mese di marzo e il mese di luglio, in modo tale da poter ricavare valori medi per ogni azienda, anche per poter calcolare per ciascuna di esse i fabbisogni giornalieri e di conseguenza la razione ideale.

Num.Azi.	LTZ		PRD		Analisi			Cellule x 1000 / Linear Score Lattazione in corso										SS	Perd. Lat		Matricola
	N°	Gg	Ult.	Pen.	%	%	%	Ult.	Ctr	-1	-2	-3	-4	Med	Max	Gg	U.C.				
																			Gra	Pro	
281	6	276	18,0	20,6	4,01	3,57	4,52	181	164	132	224	124	139	224	D	1,45	44				
284	6	35	31,3	17,9	4,54	3,23	4,79	322	90					206	322	D	2,10	63			
293	5	197	21,1	24,8	3,91	3,37	4,54	954	1535	193	1998	54	687	1998	P	3,32	100				
298	4	376	16,1	21,4	4,42	4,38	4,61	140	102	89			90	62	140	N	1,16	35			
301	4	241	16,5	20,5	4,51	4,04	4,88	126	87	56	49	50	92	332	D	1,04	31				
308	4	238	18,4	19,0	3,91	3,65	4,52	104	91	94	86	46	94	182	N	0,83	25				
309	3	122	23,9	25,8	3,37	3,45	4,99	126	52	55	4511		1186	4511	D	1,04	31				
318	3	279	21,3	20,8	5,10	3,97	4,69	176	233	173	123	102	164	256	D	1,42	43				
320	3	103	26,8	36,3	4,21	2,95	4,56	4711	21	9	246		1246	4711	D	5,12	154				
321	3	79	34,5	37,5					86	143			76	143	N						
323	3	104	37,1	38,8					18	14	65		24	65	N						
324	3	277	23,2	23,9	4,10	3,51	4,70	802	322	33	70	77	1457	10117	P	3,12	94				
327	2	455	18,0	19,3	4,26	4,00	4,74	76	91	74	102	114	82	242	D						
328	3	40	36,8	31,0	3,04	2,81	4,54	1163	410				786	1163	D	3,54	106				
329	2	374	15,4	17,3	5,21	4,59	4,50	163	220	135	221	102	209	629	D	1,33	40				
332	2	184	25,9	26,0	3,93	3,18	4,61	30	49	21	79	36	61	180	N						
336	2	166	19,1	20,8	5,09	3,83	4,66	58	21	12	19	25	44	131	N						
337	2	244	21,3	21,3	4,37	3,66	4,70	27	10	14	41	89	47	129	N						
338	2	246	17,6	22,6	3,70	3,88	4,55	106	294	32	34	34	96	294	D	0,84	25				
339	2	186	23,7	10,1	4,15	3,28	4,64	11		5	16	62	33	89	N						
340	1	401	23,8	20,7	4,39	4,25	4,39	5637	2666	3003	1254	1747	1650	5637	P	3,27	98				
341	1	369	23,8	26,9	4,33	3,88	4,77	47	33	38	2707	36	269	2707	D						
344	1	275	21,6	24,3	3,86	3,54	5,01	7	135	8	110	10	37	135	N						
345	1	311	21,9	26,0	4,52	3,64	4,95	19	8	9	28	10	16	43	N						
346	1	106	20,3	23,7	4,22	3,57	4,88	14	10	8	19		12	19	N						
347	1	274	20,2	23,8	4,28	3,74	4,82	16	52	19	17	13	111	812	D						
348	1	39	29,1	29,2	3,28	2,87	4,63	23	16				19	23	N						
349	1	122	26,6	26,1	3,44	3,36	4,89	43	47	27	34		37	47	N						
350	1	66	22,5	25,5	3,23	2,84	4,84	28	29	51			36	51	N						
353	1	36	26,5	24,7	3,38	3,04	4,74	59	115				87	115	N						
354	1	36	22,5	21,0	3,08	2,99	4,97	29	38				33	38	N						

Figura 3.6 - Esempio dei dati provenienti da un controllo funzionale

3.5 Metodo di calcolo dei fabbisogni

Al fine di valutare correttamente le razioni somministrate alle bovine da latte, è stato necessario quantificarne i fabbisogni medi. Il primo fabbisogno da stabilire è sicuramente quello relativo all'ingestione di sostanza secca o *dry matter intake* (DMI) ed è stato ottenuto applicando la formula proposta dal National Research Council (NRC) nel 2001, qui riportata:

$$DMI (kg/d) = (0.372 * FCM + 0.0968 * BW^{0.75}) * \{1 - e^{[-0.192 * (WOL + 3.67)]}\}$$

Dove FCM rappresenta il *fat corrected milk* ovvero il quantitativo di latte prodotto dalla bovina corretto a un tenore in grasso pari al 4%.

Il valore di FCM è calcolabile tramite la seguente formula:

$$FCM = Latte Prodotto (kg) * (0,4 + 15 * \% Grasso\ effettivo\ nel\ latte)$$

Altri parametri presenti nella formula per il calcolo di DMI sono BW e WOL i quali rappresentano rispettivamente il peso vivo dell'animale e le settimane trascorse dall'inizio della lattazione.

Per valutare la somministrazione di una razione adeguata è stato necessario stabilire e soddisfare altri fabbisogni quali il fabbisogno **energetico** di mantenimento e di produzione (espressi entrambi in UFL), il fabbisogno **proteico** (proteine grezze, rumino degradabili e indegradabili), il fabbisogno in **fibra** (NDF, ADF e fibra lunga e strutturata) e quello **lipidico** (EE). Inoltre, è stato possibile determinare le quantità minima e massima e quindi il range ideale (espresso in %) di **amido** presente all'interno della razione, in modo da mantenere un giusto equilibrio tra le attività dei microrganismi ruminali e consentire il mantenimento di un pH ottimale per il processo di digestione.

Per la quantificazione dei fabbisogni energetici sono state impiegate le tabelle pubblicate da INRA (2010) (Tabelle 3.2 e 3.3), mentre per la quantificazione dei fabbisogni rimanenti sono state utilizzate le tabelle di Cevolani et al. (2022) (Tabella 3.4).

Fabbisogno energetico di produzione latte (UFL)	
Produzione latte (kg)	Tenore lipidico del latte pari a 40g/kg
10	4,4
15	6,6
20	8,8
25	11
30	13,2
35	15,4
40	17,6

Tabella 3.2 - Calcolo dei fabbisogni giornalieri di energia per la produzione di latte (INRA, 2010)

Fabbisogno energetico di mantenimento giornaliero (UFL)			
Peso vivo (kg)	Poco movimento	Stabulazione libera	Pascolo
500	4,4	4,8	5,3
550	4,7	5,2	5,6
600	5	5,5	6
650	5,3	5,8	6,4
700	5,6	6,2	6,7
750	5,9	6,5	7,1

Tabella 3.3 - Calcolo dei fabbisogni giornalieri di energia per il mantenimento (INRA, 2010)

Con UFL (unità foraggiere latte) si indica l'unità di misura utilizzata per esprimere il valore energetico di un alimento, espresso in Energia Netta latte, che corrisponde all'energia netta impiegata dalla bovina per la produzione di latte presente in 1 kg di orzo o in 2,5 kg di fieno di prato stabile: 1 UFL corrisponde a 1,70 MCal di energia netta latte (Cevolani et al, 2022), o l'equivalente di 7,113 MJ.

Fabbisogni nutritivi
Latte corretto al 4% in grasso

Proteine grezze (% s.s)	16,4
Proteine solubili (% p.g.)	31,5
Proteine degradabili (% p.g.)	63
Proteine indegradabili (% p.g.)	37
Fibra grezza (min % s.s)	16,3
ADF (% s.s)	20,8
NDF (% s.s)	30,1
Fibra lunga e strutturata (% NDF)	70% NDF
Amido (% s.s)	24,6
Zuccheri (% s.s)	7,3
Carboidrati non strutturali (% s.s)	37,8
Lipidi totali (% s.s)	4,5
Lipidi by-pass (% s.s)	1,6

Tabella 3.4 - Norme raccomandate per la formulazione di razioni per vacche da latte (Cevolani et al, 2022)

I calcoli inerenti i fabbisogni nutritivi delle bovine sono stati applicati a tutte le quattro aziende prese in esame per i mesi di marzo, maggio e luglio, tramite foglio di calcolo Excel e il software *CPM-Dairy*.

3.6 Valutazione della qualità e dell'efficienza delle razioni

Alle analisi dei vari alimenti, ha fatto seguito la valutazione della bontà e della qualità delle razioni somministrate alle bovine all'interno delle quattro aziende. Per eseguire quest'operazione in maniera adeguata, sono stati moltiplicati i valori ricavati dalle analisi svolte in laboratorio per la quantità distribuita quotidianamente nelle stalle, in modo tale da poter misurare il livello di soddisfacimento dei fabbisogni quotidiani delle bovine da latte. Alcuni dei calcoli sono stati effettuati tramite un software specifico per la nutrizione del bestiame (*CPM-Dairy*, 2006). Il Cornell-Penn-Miner (CPM) Dairy è un modello di razionamento in grado di calcolare fabbisogni delle bovine da latte e confrontarli con l'apporto di energia e sostanze nutritive provenienti dalla dieta dell'animale stesso. Gli apporti sono calcolati in base alle caratteristiche dell'animale, all'ambiente in cui egli vive e alla composizione fisico-chimica degli alimenti costituenti la razione.

All'interno del processo di valutazione dell'efficienza della razione, è stata calcolata la *Dairy Efficiency* (DE), ovvero il rapporto tra il latte prodotto corretto al 4,0% in grasso e al 3,2% in proteine (*FPCM, Fat and Protein Corrected Milk*) e la sostanza secca ingerita dalla bovina in lattazione.

La formula utilizzata per calcolare l'FPCM è la seguente:

*FPCM (kg di latte): produzione media giornaliera * (0,337 + (0,116 * % Grasso effettivo nel latte) + (0,06 * % Proteine effettive nel latte))*

Per avere buoni livelli di conversione della sostanza secca ingerita in latte all'interno di un allevamento, i valori di DE dovrebbero oscillare tra 1,4 e 1,9 (Hutjens et al, 2001).

Un altro parametro cruciale per la valutazione dell'efficienza di un allevamento e per la sua gestione sostenibile è l'utilizzazione dell'azoto: questo bilancio si riferisce al rapporto tra i kg di azoto presenti nel latte e i kg di azoto ingerito. Inoltre, tramite il bilancio dell'azoto è possibile risalire all'efficienza di trasformazione totale dell'azienda agricola. Per eseguire il calcolo è dunque necessario risalire alla componente azotata presente nel latte e negli alimenti: la quantità di azoto presente nelle proteine grezze degli alimenti zootecnici equivale mediamente al 16% mentre in quelle del latte è pari al 15,67% (Formigoni et al, 2019). I fattori di conversione da usare sono quindi rispettivamente, 6,25 e 6,38.

Nei bovini, l'efficienza di trasferimento nel latte (e anche nelle carni) dell'azoto assunto si aggira intorno al 24-28% e quasi mai supera il 34-35% (Formigoni et al, 2019). È possibile migliorare questo bilancio tramite l'ottimizzazione dell'alimentazione degli animali, la riduzione delle perdite di azoto attraverso una corretta gestione dei reflui e attraverso l'adozione di pratiche agricole sostenibili. Ottimizzare la razione somministrata alle bovine significa contribuire al miglioramento del benessere degli animali, della loro salute e a ridurre l'impatto dell'allevamento sull'ambiente. Ridurre l'escrezione di azoto, oltre a migliorare la sostenibilità ambientale dell'azienda agricola, favorisce una migliore sostenibilità economica della stessa. In quest'ottica gli allevamenti intensivi ed estensivi si trovano nella stessa problematica (De Roest et al, 2005).

4. RISULTATI E DISCUSSIONI

4.1 Analisi dei Foraggi

In questa sezione vengono valutate le analisi dei foraggi provenienti dalle quattro aziende oggetto di studio. Fornire ai propri animali alimenti di qualità, in questo caso prima di tutto foraggi, rappresenta un tassello iniziale per soddisfare i fabbisogni delle bovine con maggior efficienza e quindi migliorarne la resa, oltre ad aumentare la sostenibilità economica e ambientale dell'azienda agricola stessa.

4.1.1 Azienda P

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-nutritive dei foraggi analizzati nel mese di marzo (Tabella 4.1), l'azienda P è in grado di produrre tre tagli differenti di fieno di prato polifita.

Tutti e tre i tagli rispettano dei buoni valori di sostanza secca, la quale dovrebbe aggirarsi intorno all'89% (NASEM, 2021), mentre risultano carenti nella componente proteica rispetto alla media delle aree montane, che per i fieni di prato polifita di primo, secondo e terzo taglio è rispettivamente pari al 9,64%, 12,6% e 14,7% sulla sostanza secca (Borreani et al, 2005). Da queste medie è possibile evidenziare come all'aumentare dei tagli, in genere, si verifichi un incremento della proteina grezza presente nel foraggio grazie all'aumento della quantità di foglie rispetto agli steli (Borreani et al, 2005). Avvicinarsi alla media delle composizioni chimico-nutritive dei foraggi di montagna non significa obbligatoriamente produrre dei foraggi di buona qualità, poiché i valori medi in proteina e NDF di un fieno di qualità dovrebbero rispettivamente oscillare intorno al 14% (NASEM, 2021) e al 50% (INRA, 2018).

La percentuale di ceneri registrata nel fieno di primo di taglio è risultata contenuta, mentre nei fieni di secondo e terzo taglio si è verificato un aumento: questo dato può essere allarmante, soprattutto per aziende agricole che praticano la caseificazione, in quanto nelle ceneri possono essere presenti residui di terra che sono veicolo dei batteri del genere *Clostridium*, in grado di causare difetti nei formaggi, come il gonfiore tardivo. La percentuale di ceneri è risultata addirittura superiore nel fieno di medica acquistato, il quale ha presentato anche una carenza nella quota di proteina grezza che dovrebbe aggirarsi intorno al 18% (NASEM, 2021).

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
Fieno prato polifita 1° taglio	16/03/2024	89,5	8,7	66,4	39,9	8,1	14,9
Fieno prato polifita 2° taglio	16/03/2024	89,5	11,0	63,7	37,5	9,6	13,8
Fieno prato polifita 3° taglio	16/03/2024	91,2	11,5	60,6	35,3	9,9	16,0
Fieno medica 2° taglio (acquistato)	16/03/2024	88,8	14,1	51,6	41,5	10,6	21,7

Tabella 4.1 – Analisi foraggi dell’azienda P del mese di marzo 2024

Nelle analisi effettuate nel mese di maggio (Tabella 4.2), tutti e tre i prodotti hanno presentato valori più contenuti in relazione al quantitativo di ceneri e hanno mostrato un buon livello di sostanza secca. Tutti i foraggi, però sono stati caratterizzati da un tenore basso in proteina grezza. In relazione alla parte vegetale (fibra), i valori sono risultati leggermente elevati, sia nel fieno di prato polifita autoprodotta che in quello acquistato, al contrario del fieno di medica acquistato che ha presentato una quota vicina al 40% (INRA, 2018).

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
Fieno prato polifita 1° taglio	16/05/2024	88,3	8,4	62,0	36,5	8,5	19,2
Fieno prato polifita 2° taglio (acquistato)	16/05/2024	89,4	7,0	61,7	39,7	7,7	21,6
Fieno di medica 2° taglio (acquistato)	16/05/2024	88,2	14,1	44,3	35,8	8,9	30,8

Tabella 4.2 – Analisi foraggi dell’azienda P del mese di maggio 2024

L’attività di campionamento in alpeggio (in luglio) ha registrato i dati riportati nella Tabella 4.3, dove si evidenzia un’ovvia diminuzione di sostanza secca e di fibra NDF rispetto ai fieni, in quanto l’erba è stata raccolta fresca. Il tenore in proteina grezza è risultato superiore rispetto a quello dei fieni di prato polifita campionati nei mesi precedenti, mentre la quota di ceneri è risultata simile.

La percentuale di carboidrati non strutturali, invece, è risultata nettamente maggiore, ma è necessario specificare che tra questi, la frazione di amido (fonte di energia primaria per la costruzione di proteina microbica) è presente in quantità marginali.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
EP 1	23/07/2024	28,8	14,9	43,1	26,5	8,5	31,6
EP 2	23/07/2024	29,0	13,7	47,4	28,7	9,6	27,3

Tabella 4.3 – Analisi foraggi dell’azienda P nel mese di luglio 2024

4.1.2 Azienda O

Nelle analisi dei foraggi dell'azienda O, effettuate nel mese di marzo, è stata valutata la qualità chimico-nutritiva di due fieni acquistati di prato polifita (primo e terzo taglio) e di un fieno di prato polifita di secondo taglio autoprodotta. Dalle analisi di laboratorio, come si può notare nella Tabella 4.4, è emerso che tutti e tre i fieni hanno presentato buoni livelli di sostanza secca. Il dato che spicca maggiormente è sicuramente quello relativo alla quota di frazioni azotate presenti: infatti, nel fieno autoprodotta si è raggiunto un livello di proteina grezza pari al 14,7% della sostanza secca (buon valore) che risulta essere superiore ai valori presenti nei fieni acquistati, addirittura raddoppiando la percentuale di proteina grezza presente nel fieno di primo taglio. Per contro, il fieno prodotto in azienda è stato caratterizzato da una quota molto rilevante di ceneri, che ne ha peggiorato la qualità generale. Per quanto riguarda la componente fibrosa, i valori migliori si sono verificati nel fieno autoprodotta e nel fieno di terzo taglio acquistato, poiché nel fieno di primo taglio questa quota (62,4%) è risultata essere troppo elevata.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
Fieno prato polifita 1° taglio (acquistato)	25/03/2024	90,4	7,1	62,4	35,7	8,2	20,4
Fieno prato polifita 2° taglio	25/03/2024	90,4	14,7	55,0	30,0	11,2	17,1
Fieno prato polifita 3° taglio (acquistato)	25/03/2024	91,0	11,7	54,8	31,1	9,3	22,2

Tabella 4.4 – Analisi foraggi dell'azienda O, marzo 2024

Nel mese di maggio, per l'azienda O sono stati analizzati esclusivamente fieni acquistati (Tabella 4.5). La sostanza secca è leggermente diminuita rispetto ai fieni di marzo, mantenendo comunque dei buoni livelli. Il fieno di primo taglio ha presentato una percentuale di frazione azotata di poco superiore rispetto alla stessa tipologia di alimento raccolta nel campionamento precedente, al contrario del fieno di terzo taglio che ha

dimostrato un calo in questo parametro. Il fieno di prato polifita di secondo taglio, acquistato, ha mostrato dei valori di proteina decisamente più bassi in confronto al fieno di secondo taglio autoprodotta (analizzato a marzo), che si è confermato l'alimento con la migliore qualità dal punto di vista proteico.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
Fieno prato polifita 1° taglio (acquistato)	21/05/2024	88,0	8,1	65,1	36,2	9,5	15,3
Fieno prato polifita 2° taglio (acquistato)	21/05/2024	87,1	9,6	59,0	35,2	8,9	20,5
Fieno prato polifita 3° taglio (acquistato)	21/05/2024	90,2	9,2	62,7	38,0	8,4	17,7

Tabella 4.5 – Analisi foraggi dell'azienda O, maggio 2024

I risultati delle analisi effettuate nel periodo estivo sono riportati nella Tabella 4.6.

Come per l'azienda P, nei pascoli d'alpeggio si è registrato ovviamente un calo della sostanza secca.

Rispetto ai campioni analizzati in precedenza (azienda P) il tenore proteico si è dimostrato di poco inferiore, così come alla quota di carboidrati non strutturali.

Le componenti fibrose (NDF e ADF) e le ceneri sono invece aumentate.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
EP 1	23/07/2024	24,8	12,5	50,8	29,2	9,8	24,9
EP 2	23/07/2024	28,0	12,3	52,1	32,7	10,4	23,2

Tabella 4.6 – Analisi foraggi dell'azienda O, luglio 2024

4.1.3 Azienda B

Per quanto riguarda l'azienda B, oltre ad aver analizzato i foraggi uno per volta come eseguito per le altre aziende, nei mesi di marzo e maggio è stata anche analizzata la razione somministrata (tramite carro miscelatore) come ““piatto unico””.

Dalle prime analisi (Tabella 4.7) è emerso che i 3 fieni erano caratterizzati da buoni valori di sostanza secca. Il fieno di secondo taglio presentava una percentuale di proteina grezza quasi ottimale, mentre il fieno di primo taglio risultava carente in questo parametro. Anche il fieno di erba medica di primo taglio è risultato lontano da valori ottimali di proteina grezza, ma era caratterizzato da quote di NDF e ADF adeguate; inoltre, le ceneri erano presenti in percentuale contenuta e i carboidrati non strutturali in quantità elevate. Negli altri due fieni di prato polifita, invece, la quota di cenere tendeva ad aumentare, soprattutto nel primo fieno dove arrivava al 10% e anche la componente fibrosa raggiungeva percentuali eccessivamente alte.

Per quanto riguarda la razione somministrata grazie al carro miscelatore, nell'osservazione del tenore in sostanza secca, è stato necessario considerare che per ogni bovina sono stati aggiunti alla razione mediamente 10 litri di siero derivante dal processo di caseificazione.

La proteina grezza fornita dalla razione, in media, dovrebbe oscillare intorno a percentuali pari al 16,5 % (Cevolani et al, 2022) e per questo motivo, è stata considerata carente. Inoltre, NDF, ADF e amido non hanno raggiunto valori ottimali: tendenzialmente, i valori di NDF e ADF ideali all'interno di una razione dovrebbero essere compresi rispettivamente tra il 25% e il 35% e tra il 18% e il 25% (Cevolani et al, 2022). Anche l'amido si è dimostrato carente, in quanto i suoi valori ideali erano compresi tra il 22% e il 30% della sostanza secca (Cevolani et al, 2022).

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	Amido	NFC	EE
Fieno prato polifita 1° taglio	08/03/2024	90,8	8,5	62,7	35,5	8,8		18,1	
Fieno prato polifita 2° taglio	08/03/2024	90,3	12,2	59,6	33,7	10,0		16,2	
Fieno di medica 1° taglio	08/03/2024	89,7	13,3	43,6	31,9	7,9		33,2	
Unifeed	08/03/2024	45,2	12,5	42,2	27,1	8,6	15,4	33,6	3,2

Tabella 4.7 – Analisi foraggi dell’azienda B, marzo 2024

In riferimento ai fieni e al “piatto unico” analizzati nel mese di maggio, è emersa una notevole somiglianza con i risultati dell’analisi precedente (mese di marzo). Le principali differenze sono state rilevate nella porzione di proteina grezza del fieno di primo taglio (molto carente) e nella percentuale di NDF e ADF dello stesso, che sono risultate troppo elevate (valori simili alla paglia).

Tipo	Data Campione	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	Amido	NFC	EE
Fieno prato polifita 1° taglio	06/05/2024	88,2	5,7	75,6	49,2	8,5		8,1	
Fieno prato polifita 2° taglio	06/05/2024	87,5	12,3	58,5	34,3	10,3		16,9	
Fieno di medica 2° taglio	06/05/2024	88,3	15,1	42,8	32,9	8,8		31,2	
Unifeed	06/05/2024	47,8	12,6	40,1	26,0	8,7	14,7	35,2	3,5

Tabella 4.8 – Analisi foraggi dell’azienda B, maggio 2024

In merito alle analisi dei campioni raccolti in alpeggio (Tabella 4.9), è stato rilevato un tenore di proteina grezza più elevato rispetto a quello registrato negli altri due alpeggi.

La componente fibrosa è risultata essere molto simile a quella osservata nell'alpeggio dell'azienda P, mentre le ceneri hanno presentato valori molto elevati, anche in questo caso superiori a quelli rilevati negli altri alpeggi.

Tipo	Data Campione	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	NFC
EP 1	08/07/2024	28,5	15,3	47,2	29,0	11,1	24,4
EP 2	08/07/2024	24,0	17,3	45,6	28,7	10,1	25,0

Tabella 4.9 – Analisi foraggi dell'azienda B, luglio 2024

4.1.4 Azienda S

A differenza delle altre aziende, l'azienda S è l'unica ad aver inserito dei foraggi insilati all'interno della razione somministrata alle proprie bovine da latte.

Per quanto riguarda il primo campionamento (Tabella 4.10), il fieno di secondo taglio ha presentato diverse criticità, tra cui una percentuale di sostanza secca esageratamente bassa dovuta a una conservazione in un luogo che esponeva il foraggio alle precipitazioni, una carenza nella percentuale di frazione azotata e una quota elevata di ceneri.

Il fieno fasciato di primo taglio era caratterizzato da una sostanza secca superiore rispetto alla media che risultava essere pari al 55,8% (Rumi, 2015) e da un quantitativo di proteine grezze più basso, in quanto il valore medio si aggirava intorno all'11,6%. Sempre in riferimento alle medie, la percentuale di NDF risultava leggermente elevata, poiché la media era pari al 51% (Rumi, 2015), mentre l'ADF era presente in una quota adeguata. Anche le ceneri erano presenti in maniera contenuta in questo foraggio.

La razione dell'azienda S si è distinta per la presenza di avena e medica entrambe insilate. L'avena, essendo una materia ad elevato tenore in carboidrati non strutturali (Cevolani et al, 2022) ha presentato un'elevata percentuale di amido sul secco (quasi il 20%), mentre l'erba medica, in quanto appartenente alla famiglia delle *Fabaceae*, possedeva un buon valore di proteina grezza (19%). Nell'insilato di erba medica, è necessario evidenziare la presenza di una quota eccessiva di ceneri.

Come nell'azienda B, anche nell'azienda S la razione era somministrata tramite carro miscelatore e anche in questo caso è stato analizzato il “piatto unico”.

Le quote di NDF, ADF e proteina grezza sono risultate adeguate e anche le ceneri presenti non hanno superato la quota critica del 10% (Formigoni e Nocetti, 2014). L'unica carenza si è verificata nella porzione di amido che si è dimostrata lontana da valori compresi tra il 22% e il 30% della sostanza secca (Cevolani et al, 2022).

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	Amido	NFC	EE
Fieno prato polifita 2° taglio	11/03/2024	74,9	11,7	61,2	33,4	11,1		14,0	
Fieno prato polifita fasciato 1° taglio	11/03/2024	64,4	6,8	62,7	37,6	8,6		19,8	
Avena fasciato	11/03/2024	35,7	10,6	49,4	32,5	9,8	19,9	28,2	
Fieno di medica fasciato 1° taglio	11/03/2024	46,9	19,1	37,0	32,4	11,5		30,3	
Unifeed	11/03/2024	46,6	15,6	33,3	23,0	8,0	16,2	40,1	3,1

Tabella 4.10 – Analisi foraggi dell'azienda S, marzo 2024

Dal punto di vista chimico-nutritivo, i foraggi analizzati nel mese di maggio (Tabella 4.11) hanno presentato valori simili a quelli analizzati nel mese di marzo. Le principali differenze invece, sono state osservate tra i due fieni fasciati di primo taglio: il foraggio analizzato a maggio ha presentato un tenore proteico migliore, ma era caratterizzato da una quota di NDF troppo elevata, in grado di causare un ingombro eccessivo nel processo di digestione dell'animale.

Inoltre, il fieno di prato polifita di secondo taglio ha registrato un miglioramento in termini di sostanza secca (non ancora ottimale).

Le maggiori criticità si sono verificate proprio nelle percentuali di sostanza secca relative però ai foraggi fasciati, i quali, una volta tolto il film, sono stati “conservati” all’aperto e di conseguenza esposti alle piogge verificatesi in quel periodo. La presenza di intemperie ed una scorretta conservazione dei foraggi giustifica quindi un valore così basso di sostanza secca.

Un altro parametro non positivo per la salute delle bovine e per la qualità del latte è stato riscontrato nella porzione di ceneri presente nel fieno fasciato di erba medica che è risultato pari al 15,9%.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	Amido	NFC	EE
Fieno prato polifita 2° taglio	15/05/2024	84,7	12,3	61,8	36,6	9,5		14,4	
Fieno prato polifita fasciato 1° taglio	15/05/2024	25,6	10,3	68,2	42,5	10,3		9,1	
Avena fasciato	15/05/2024	27,5	8,9	58,9	35,8	9,4	20,4	20,8	
Fieno di medica fasciato 3° taglio	15/05/2024	30,0	17,0	46,6	33,2	15,9		18,5	
Unifeed	15/05/2024	45,7	14,6	34,5	23,8	8,6	15,6	39,2	3,1

Tabella 4.11 – Analisi foraggi dell’azienda S, maggio 2024

L’azienda S era l’unica tra quattro aziende oggetto di studio che non praticava la monticazione.

Nel mese di luglio, l’attività di campionamento è stata eseguita regolarmente in stalla e dalle analisi, è emerso un miglioramento della qualità del fieno di secondo taglio, il quale ha dimostrato un buon livello di sostanza secca (dovuto anche alle temperature elevate), un miglioramento nelle quote di NDF e ADF e un aumento della porzione di carboidrati non strutturali (ottima fonte energetica rapidamente utilizzabile).

Anche nel fieno fasciato di secondo taglio si è verificato un miglioramento delle percentuali di NDF e ADF, ma il valore di proteina grezza è calato.

L'insilato di avena ha presentato un buon livello di amido, ma la percentuale di sostanza secca si è dimostrata troppo elevata, a causa di una conservazione all'aria aperta che ha esposto il foraggio alle temperature calde del periodo estivo. Il fieno fasciato di medica ha mantenuto una buona quota di frazione azotata, calcolando che i valori medi, per questa tipologia di foraggio, si aggirano tra il 20% e il 24% (Tabacco et al, 2022). La percentuale di ceneri presenti in questo foraggio è diminuita, ma non abbastanza per considerarla un parametro adeguato.

Tipo	Data	SS (%stq)	PG (%ss)	NDF (%ss)	ADF (%ss)	Ceneri (%ss)	Amido	NFC	EE
Fieno prato polifita 2° taglio	16/07/2024	89,9	11,4	57,1	32,7	9,6		19,9	
Fieno prato polifita fasciato 2° taglio	16/07/2024	61,0	7,3	60,7	36,9	8,6		21,4	
Avena fasciato	16/07/2024	65,1	8,6	56,4	34,8	8,0	18,8	24,9	
Fieno di medica fasciato 3° taglio	16/07/2024	46,8	19,8	39,1	32,3	10,6		28,5	
Unifeed	16/07/2024	51,1	15,8	34,4	24,2	7,9	16,0	39,0	2,9

Tabella 4.12 – Analisi foraggi dell'azienda S, luglio 2024

4.2 Analisi delle razioni

In questo paragrafo sono analizzate nel dettaglio le razioni somministrate dalle quattro aziende, grazie all'impiego del software *CPM-Dairy*. Per ogni azienda, sono stati inseriti degli input (provenienti dall'elaborazione dei controlli funzionali) in base alla produzione media giornaliera, al tenore proteico e lipidico del latte e al peso vivo medio delle bovine in lattazione.

4.2.1 Azienda P

Nel mese di marzo (Tabella 4.13), nell'azienda P, è stato registrato un livello di produzione media giornaliera decisamente basso; nello specifico è risultato il più basso input inserito nel software, per quanto riguarda le razioni somministrate in stalla, considerando tutte e quattro le aziende.

Produzione media (kg/d)	10,0
Tenore lipidico medio (%)	4,0
Tenore proteico medio (%)	3,2
Peso vivo	650

Tabella 4.13 – Input marzo 2024

La razione, nel suo insieme, è risultata in grado di soddisfare i fabbisogni delle bovine in sostanza secca, energia e proteina ingerite.

Nonostante questi tre principali fabbisogni siano stati soddisfatti, all'interno della razione erano presenti diversi valori non totalmente adeguati. Le proteine grezze occupavano una percentuale di sostanza secca troppo piccola e anche i carboidrati non strutturali, che avrebbero dovuto rappresentare una porzione pari al 37,8% (Cevolani et al, 2022) della sostanza secca, erano presenti in quantità limitata.

Una scarsa quantità di frazione azotata e la presenza di poca energia, potrebbero giustificare il valore di proteina microbica metabolizzabile riportato nella Tabella 4.14 e il basso tenore proteico del latte. La percentuale proteica del latte, è ritenuta bassa, in quanto il latte prodotto dalle razze allevate nell'azienda P, ovvero Bruna e Pezzata Rossa italiane, presenta mediamente un tenore proteico più elevato (rispettivamente 3,59% e 3,35%) (Sandrucci et al, 2022).

Una percentuale di proteina così bassa nel latte può essere giustificata anche dall'efficienza azotata nel latte, che nel caso dell'azienda P, come riportato nella Tabella 4.14, è risultata lontana da livelli ottimali.

Costo Razione (€/d)	4,6	Foraggio (% s.s.)	75,7
IOFC (€/d)	15,3	Proteina grezza (% s.s.)	13,0
DMI effettiva (kg/d)	16,6	UFL/kg SS	0,8
Fabbisogno DMI (kg/d)	14,6	ADF (% s.s.)	31,8
Bilancio energetico (UFL/d)	3,1	NDF (% s.s.)	51,5
Bilancio proteico (g)	272,6	Lignina (% s.s.)	5,4
Produzione giornaliera latte (kg/d)	10,0	NFC (% s.s.)	26,7
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	14,6	Amido (% s.s.)	11,6
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	16,0	E.E (% s.s.)	2,9
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	969,0	Ceneri (%)	9,4
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	535	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	16,8
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	14,6

Tabella 4.14 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda P, marzo 2024

Negli input inseriti per analizzare la razione del mese di maggio (Tabella 4.15), è stato osservato un lieve aumento della produzione media giornaliera, mentre il tenore lipidico è diminuito fino al 3,6%. La percentuale di proteina nel latte è rimasta quasi invariata.

Produzione media	12,0
Tenore lipidico medio (%)	3,6
Tenore proteico medio (%)	3,3
Peso vivo	650

Tabella 4.15 – Input maggio 2024

Per quanto riguarda la razione (Tabella 4.16), è stato verificato un lieve incremento dei carboidrati non strutturali annesso a un leggero calo della quota di proteina grezza.

La diminuzione della quota di proteina nella razione, probabilmente, è stata causata da una riduzione della proteina metabolizzabile proveniente da alimenti, al contrario della proteina microbica metabolizzabile che ha subito un incremento, presumibilmente grazie all'aumento della porzione di carboidrati non strutturali (tra cui l'amido).

Nonostante i tre principali fabbisogni nutritivi siano stati soddisfatti, come avvenuto nel mese di marzo, la produzione media giornaliera è risultata distante dal suo potenziale, come testimoniato in Tabella 4.16.

Costo Razione (€/d)	4,5	Foraggio (% s.s.)	74,8
IOFC (€/d)	19,4	Proteina grezza (% s.s.)	11,9
DMI effettiva (kg/d)	15,9	UFL/kg SS	0,8
Fabbisogno DMI (kg/d)	14,9	ADF (% s.s.)	31,4
Bilancio energetico (UFL/d)	2,6	NDF (% s.s.)	47,7
Bilancio proteico (g)	197,9	Lignina (% s.s.)	5,3
Produzione giornaliera latte (kg/d)	12,0	NFC (% s.s.)	31,9
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	16,2	Amido (% s.s.)	12,3
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	16,2	E.E (% s.s.)	2,9
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1029,0	Ceneri (%)	8,4
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	463	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	20,8
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	20,5

Tabella 4.16 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda P, maggio 2024

Nel periodo di alpeggio, è stato registrato un calo nella produzione giornaliera (Tabella 4,17), di norma causato da un incremento dei fabbisogni energetici dell'animale (la bovina per alimentarsi è costretta a muoversi) e dall'insufficiente apporto energetico proveniente dal pascolo (Bovolenta et al, 2005).

Produzione media	8,0
Tenore lipidico medio (%)	4,0
Tenore proteico medio (%)	3,4
Peso vivo	650

Tabella 4.17 – Input luglio 2024

Che l'apporto energetico del pascolo non sia sufficiente, lo si può constatare dalla Tabella 4.18 dove è possibile osservare un notevole calo della percentuale di carboidrati non strutturali e di amido, in confronto alla razione fornita in stalla.

La proteina microbica metabolizzabile è uno dei parametri maggiormente influenzati da questa variazione e infatti è stato possibile osservarne una diminuzione.

Costo Razione (€/d)	1,3	Foraggio (% s.s.)	82,3
IOFC (€/d)	14,7	Proteina grezza (% s.s.)	10,3
DMI effettiva (kg/d)	15,2	UFL/kg SS	0,8
Fabbisogno DMI (kg/d)	14,0	ADF (% s.s.)	32,0
Bilancio energetico (UFL/d)	2,6	NDF (% s.s.)	55,1
Bilancio proteico (g)	254,3	Lignina (% s.s.)	4,1
Produzione giornaliera latte (kg/d)	8,0	NFC (% s.s.)	24,2
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	11,8	Amido (% s.s.)	7,2
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	13,2	E.E (% s.s.)	3,4
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	957,0	Ceneri (%)	8,5
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	388,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	15,7
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	17,2

Tabella 4.18 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda P, luglio 2024

4.2.2 Azienda O

Come riportato dalla Tabella 4.19, rispetto all'azienda P, l'azienda O ha mostrato una produzione giornaliera e un tenore proteico del latte nettamente maggiori.

Produzione media	20,0
Tenore lipidico medio (%)	3,7
Tenore proteico medio (%)	3,7
Peso vivo	650

Tabella 4.19 – Input marzo 2024

Inoltre, le caratteristiche della razione somministrata alle bovine sono risultate più adeguate rispetto a quelle osservate per l'azienda P (Tabella 4.20). L'NDF era presente in percentuale più adeguata, dovuto anche al fatto che la quota di foraggi sul secco era presente in maniera più contenuta (alle bovine venivano somministrati 8 kg/d di concentrati). Al contempo, è stato possibile osservare livelli ottimali di amido e carboidrati non strutturali, con conseguente crescita della proteina microbica prodotta e metabolizzata. Il bilancio energetico e quello proteico sono risultati positivi e anche il fabbisogno in sostanza secca ingerita (DMI) è stato soddisfatto. Nonostante ciò, l'azienda O non ha raggiunto i propri potenziali produttivi e, tra le cause, si potrebbe ipotizzare la tipologia di stabulazione, che in questo caso è stata di tipo "fissa".

In confronto alle razioni somministrate nell'azienda P, anche la porzione di lignina ha mostrato valori più adeguati e di conseguenza migliori.

Costo Razione (€/d)	5,1	Foraggio (% s.s.)	62,4
IOFC (€/d)	14,9	Proteina grezza (% s.s.)	13,5
DMI effettiva (kg/d)	18,9	UFL/kg SS	0,9
Fabbisogno DMI (kg/d)	17,4	ADF (% s.s.)	23,2
Bilancio energetico (UFL/d)	4,0	NDF (% s.s.)	41,1
Bilancio proteico (g)	186	Lignina (% s.s.)	3,1
Produzione giornaliera latte (kg/d)	20,0	NFC (% s.s.)	37,4
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	26,1	Amido (% s.s.)	22,0
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	23,5	E.E (% s.s.)	2,5
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1268	Ceneri (%)	8,7
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	709	efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	30,7
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	28,2

Tabella 4.20 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda O, marzo 2024

Nel mese di maggio la percentuale di grasso nel latte e la produzione media giornaliera non hanno evidenziato particolari oscillazioni (Tabella 4.21). L'unica variazione rispetto all'analisi precedente (mese di marzo) si è verificata nel tenore proteico del latte che ha mostrato un calo.

Produzione media	20,0
Tenore lipidico medio (%)	3,7
Tenore proteico medio (%)	3,4
Peso vivo	650

Tabella 4.21 – Input maggio 2024

Anche la razione non ha presentato grandi cambiamenti (Tabella 4.22). Le uniche differenze si sono verificate in corrispondenza dei parametri di proteina grezza e carboidrati non strutturali, entrambi calati lievemente.

Per questo motivo, il bilancio proteico è risultato positivo, ma con un margine inferiore rispetto a quanto verificato nella razione precedente. Anche la quota proteica metabolizzabile (sia di origine microbica che alimentare) ha registrato una diminuzione.

Costo Razione (€/d)	5,1	Foraggio (% s.s.)	61,8
IOFC (€/d)	14,9	Proteina grezza (% s.s.)	12,3
DMI effettiva (kg/d)	18,6	UFL/kg SS	0,9
Fabbisogno DMI (kg/d)	17,4	ADF (% s.s.)	25,5
Bilancio energetico (UFL/d)	3,3	NDF (% s.s.)	44,0
Bilancio proteico (g)	115,5	Lignina (% s.s.)	3,31
Produzione giornaliera latte (kg/d)	20,0	NFC (% s.s.)	35,7
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	25,1	Amido (% s.s.)	22,0
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	22,4	E.E (% s.s.)	2,54
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1204,0	Ceneri (%)	8,27
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	637,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	31,2
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	29,1

Tabella 4.22 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda O, maggio 2024

Per valutare la razione fornita durante il periodo di alpeggio, sono stati utilizzati come input i dati riportati nella Tabella 4.23.

Produzione media	20,0
Tenore lipidico medio (%)	3,7
Tenore proteico medio (%)	3,5
Peso vivo	650

Tabella 4.23 – Input luglio 2024

A differenza di quanto verificato in stalla, le bovine da latte dell'azienda O, in alpeggio hanno sofferto un leggero deficit energetico, a causa dello scarso apporto energetico fornito dal pascolo (Paragrafo 4.1.2), come dimostrato anche dai dati in Tabella 4.24: la percentuale di NFC è diminuita del 10%, mentre l'amido ha registrato un calo del 15%.

La quota di proteina grezza, al contrario, è aumentata. Difatti, la porzione di proteina microbica metabolizzabile, si è abbassata, poiché i batteri non disponevano della giusta quantità di azoto e di energia contemporaneamente, mentre la porzione proteica metabolizzabile da alimenti ha registrato un aumento.

Costo Razione (€/d)	1,2	Foraggio (% s.s.)	83,6
IOFC (€/d)	18,8	Proteina grezza (% s.s.)	14,1
DMI effettiva (kg/d)	18,9	UFL/kg SS	0,9
Fabbisogno DMI (kg/d)	17,4	ADF (% s.s.)	28,2
Bilancio energetico (UFL/d)	-0,3	NDF (% s.s.)	45,9
Bilancio proteico (g)	149,1	Lignina (% s.s.)	3,3
Produzione giornaliera latte (kg/d)	20,0	NFC (% s.s.)	28,2
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	19,6	Amido (% s.s.)	6,8
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	23,0	E.E (% s.s.)	3,4
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1173,0	Ceneri (%)	10,6
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	772,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	33,6
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	25,7

Tabella 4.24 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda O, luglio 2024

4.2.3 Azienda B

In riferimento all'azienda B, nel mese di marzo sono stati registrati i parametri aziendali riportati nella Tabella 4.25. La produzione media giornaliera è risultata la più elevata tra quelle analizzate fino a questo momento e i tenori in grasso e proteine del latte erano in linea con le medie della razza Bruna Italiana, che sono generalmente pari al 4,03% e al 3,59% (Sandrucci et al, 2022).

Produzione media	30,0
Tenore lipidico medio (%)	3,8
Tenore proteico medio (%)	3,5
Peso vivo	650

Tabella 4.25 – Input marzo 2024

Dall'analisi della razione (Tabella 4.26), è emerso un mancato soddisfacimento del fabbisogno in sostanza secca ingerita e anche i valori relativi ai bilanci energetico e proteico sono risultati negativi. Questi valori potrebbero essere giustificati dalle scarse quote di amido e proteina grezza fornita tramite la razione. Nello specifico, la percentuale di amido nella razione, per bovine con questo regime di produzione (30 kg/d), dovrebbe raggiungere valori pari al 23-25% (Marchesini, 2021). Lo stesso discorso vale per la frazione azotata presente nella razione, che si è dimostrata insufficiente, in quanto la quota minima da rispettare dovrebbe risultare pari al 13,5% (Marchesini, 2021). Anche il valore di NDF è risultato eccessivo, mentre il tenore in lignina ha mostrato percentuali simili a quelle dell'azienda P e quindi più alte in confronto a quelle registrate nelle razioni dell'azienda O.

Costo Razione (€/d)	4,72	Foraggio (% s.s.)	75
IOFC (€/d)	25,3	Proteina grezza (% s.s.)	11,7
DMI effettiva (kg/d)	18,0	UFL/kg SS	0,8
Fabbisogno DMI (kg/d)	20,4	ADF (% s.s.)	28,5
Bilancio energetico (UFL/d)	-6,5	NDF (% s.s.)	45,0
Bilancio proteico (g)	-603,1	Lignina (% s.s.)	4,8
Produzione giornaliera latte (kg/d)	30,0	NFC (% s.s.)	34,4
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	20,1	Amido (% s.s.)	13,8
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	17,9	E.E (% s.s.)	2,7
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1146,0	Ceneri (%)	9,4
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	539,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	49,4
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	48,8

Tabella 4.26 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda B, marzo 2024

Gli input del mese di maggio (Tabella 4.27) hanno mostrato valori molto simili a quelli utilizzati per analizzare la razione somministrata nel periodo di marzo.

Produzione media	31,0
Tenore lipidico medio (%)	3,9
Tenore proteico medio (%)	3,6
Peso vivo	650

Tabella 4.27 – Input maggio 2024

Anche dalla valutazione della razione del mese di maggio (Tabella 4.28), infatti, sono emerse le stesse criticità presenti in quella relativa al mese di marzo: il fabbisogno in sostanza secca non è stato soddisfatto e tantomeno quelli in energia e proteine.

La percentuale di NDF è rimasta lontana da valori ideali, mentre la quota di sostanza secca occupata da carboidrati non strutturali (NFC) ha registrato un valore più adeguato.

Pur essendo un carboidrato non strutturale, l'amido era presente in quantità scarse: questa dinamica può essere giustificata dal fatto che la razione era in parte costituita da siero proveniente dalla caseificazione, alimento tipicamente ricco di zuccheri solubili (tra i quali spicca il lattosio).

In confronto alla razione somministrata a marzo, la porzione di lignina è risultata lievemente maggiore, incrementando dunque la percentuale di sostanza secca indigeribile.

Costo Razione (€/d)	4,7	Foraggio (% s.s.)	74,8
IOFC (€/d)	26	Proteina grezza (% s.s.)	11,6
DMI effettiva (kg/d)	17,7	UFL/kg SS	0,8
Fabbisogno DMI (kg/d)	21,0	ADF (% s.s.)	30,7
Bilancio energetico (UFL/d)	-8,6	NDF (% s.s.)	47,73
Bilancio proteico (g)	-750,2	Lignina (% s.s.)	5,0
Produzione giornaliera latte (kg/d)	31,0	NFC (% s.s.)	31,5
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	18,3	Amido (% s.s.)	13,6
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	16,3	E.E (% s.s.)	2,7
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1099,0	Ceneri (%)	9,4
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	518,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	51,9
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	52,7

Tabella 4.28 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda B, maggio 2024

Nel mese di luglio, in seguito allo spostamento delle bovine in alpeggio, per valutare la bontà della razione sono stati inseriti come input i dati mostrati in Tabella 4.29.

Produzione media	26,0
Tenore lipidico medio (%)	4,0
Tenore proteico medio (%)	3,8
Peso vivo	650

Tabella 4.29 – Input luglio 2024

Come evidenziato per le aziende P ed O, anche per l'azienda B, la razione fornita in alpeggio (Tabella 4.30) ha presentato un calo in NFC e amido. Rispetto alle razioni somministrate in stalla, la percentuale di proteina grezza ha presentato un incremento e con essa è aumentato anche il quantitativo di proteina metabolizzabile proveniente dagli alimenti.

La quota di NDF è chiaramente diminuita, in quanto l'erba veniva ingerita fresca e la percentuale di lignina ha mostrato un valore più contenuto (quindi migliore).

Infine, è necessario sottolineare che la razione somministrata in alpeggio è stata quella che più si è avvicinata al soddisfacimento dei fabbisogni energetici, proteici e in sostanza secca ingerita.

Costo Razione (€/d)	1,05	Foraggio (% s.s.)	87,0
IOFC (€/d)	25,0	Proteina grezza (% s.s.)	14,8
DMI effettiva (kg/d)	19,2	UFL/kg SS	0,9
Fabbisogno DMI (kg/d)	19,5	ADF (% s.s.)	27,2
Bilancio energetico (UFL/d)	-3,1	NDF (% s.s.)	43,8
Bilancio proteico (g)	-156,1	Lignina (% s.s.)	3,2
Produzione giornaliera latte (kg/d)	26,0	NFC (% s.s.)	29,3
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	21,4	Amido (% s.s.)	7,3
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	23,1	E.E (% s.s.)	3,5
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1185,0	Ceneri (%)	11,2
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	853,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	44,0
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	33,5

Tabella 4.30 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda B, luglio 2024

4.2.4 Azienda S

Nel mese di marzo, l'azienda S ha mostrato la seconda miglior produzione media giornaliera (Tabella 4.31) tra tutte e quattro le aziende oggetto di studio.

Il tenore in grasso e proteine registrato nel latte, ha dimostrato dei buoni livelli, in quanto la Frisona Italiana, razza allevata nell'azienda S, raggiunge mediamente il 3,79% di grasso e il 3,32% in proteine (Sandrucci et al, 2022).

Produzione media	24,0
Tenore lipidico medio (%)	4,4
Tenore proteico medio (%)	3,8
Peso vivo	650

Tabella 4.31 – Input marzo 2024

Dall'analisi della razione somministrata a marzo (Tabella 4.32), è stato possibile osservare un bilancio energetico positivo e un fabbisogno in sostanza secca ingerita soddisfatto quasi totalmente. Il bilancio proteico è invece risultato negativo.

L'azienda S, tra tutte le aziende oggetto di studio, è quella che ha mostrato all'interno della propria razione il miglior valore di NDF, poiché una percentuale sul secco pari al 33,6% è molto vicina ai livelli ottimali che risultano pari a circa il 30% (Cevolani et al, 2022).

Inoltre, nella razione dell'azienda S la quota di sostanza secca occupata dal foraggio è risultata inferiore a quella registrata nelle razioni delle altre tre aziende agricole.

La restante porzione di sostanza secca è occupata dai concentrati, che in questo caso erano pari a 9 kg/d per ogni bovina in lattazione. Questi dati giustificano un parametro come le Unità Foraggere Latte per kg di sostanza secca (UFL/kg SS) più elevato rispetto a quello mostrato dalle razioni delle altre aziende. L'amido era presente in quantità praticamente ideali, mentre per quanto riguarda i carboidrati non strutturali, la loro percentuale si è dimostrata eccessiva.

Riuscire a distribuire correttamente i foraggi e i concentrati all'interno della razione risulta essere uno dei passaggi fondamentali per massimizzare l'utilizzo dei foraggi stessi all'interno del sistema digerente della bovina e quindi per minimizzare le perdite economiche dal punto di vista alimentare (Wangsness et al, 1981).

Costo Razione (€/d)	8,0	Foraggio (% s.s.)	58,3
IOFC (€/d)	5,1	Proteina grezza (% s.s.)	15,2
DMI effettiva (kg/d)	19,7	UFL/kg SS	1,0
Fabbisogno DMI (kg/d)	19,9	ADF (% s.s.)	21,8
Bilancio energetico (UFL/d)	0,8	NDF (% s.s.)	33,6
Bilancio proteico (g)	-221,3	Lignina (% s.s.)	3,6
Produzione giornaliera latte (kg/d)	26,0	NFC (% s.s.)	41,8
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	27,1	Amido (% s.s.)	24,8
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	21,9	E.E (% s.s.)	3,4
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1226,0	Ceneri (%)	8,8
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	714,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	39,3
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	32,5

Tabella 4.32 - Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda S, marzo 2024

La produzione media di latte nel mese di maggio ha registrato un calo (Tabella 4.33) in confronto a quella del mese di marzo, mentre il tenore lipidico e quello proteico sono rimasti quasi del tutto invariati.

Produzione media	21,6
Tenore lipidico medio (%)	4,4
Tenore proteico medio (%)	3,7
Peso vivo	650

Tabella 4.33 – Input maggio 2024

La valutazione della razione (Tabella 4.34) ha evidenziato un bilancio energetico soddisfatto in maniera ideale e questo lo si può verificare anche dal valore della potenziale produzione di latte in base all'energia fornita dalla razione che è risultato identico alla produzione effettiva.

Il fabbisogno in sostanza secca ingerita è stato soddisfatto in quasi tutta la sua totalità, mentre il fabbisogno proteico è risultato ancora una volta negativo. Per i restanti parametri la razione ha mostrato valori simili a quella analizzata nel mese di marzo.

Da sottolineare è il livello di UFL per chilo di sostanza secca, che si è rivelato molto vicino al valore ideale di 0,88 (Marchesini, 2021).

Per quanto riguarda la quota di ceneri, i valori emersi si sono dimostrati molto vicini al tenore critico equivalente al 10%.

Costo Razione (€/d)	8,0	Foraggio (% s.s.)	56,1
IOFC (€/d)	4,1	Proteina grezza (% s.s.)	15,3
DMI effettiva (kg/d)	18,7	UFL/kg SS	0,90
Fabbisogno DMI (kg/d)	19,3	ADF (% s.s.)	22,6
Bilancio energetico (UFL/d)	0,0	NDF (% s.s.)	35,6
Bilancio proteico (g)	-176,3	Lignina (% s.s.)	4,03
Produzione giornaliera latte (kg/d)	24,0	NFC (% s.s.)	38,9
Potenziale produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	24,0	Amido (% s.s.)	25,9
Potenziale produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	20,7	E.E (% s.s.)	3,3
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1155,0	Ceneri (%)	9,5
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	675,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	38,4
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	30,4

Tabella 4.34 – Risultati dell'elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda S, maggio 2024

Nel mese di luglio, la produzione media rilevata (Tabella 4.35) ha dimostrato valori molto simili a quelli analizzati nel mese di marzo, mentre le percentuali di grasso e proteine nel latte hanno evidenziato un calo rispetto ai mesi precedenti. Nonostante il calo registrato, le proteine hanno mantenuto un livello superiore alla media della razza Frisona Italiana, al contrario dei grassi, la cui quota ha raggiunto valori inferiori alla media.

Produzione media	23,6
Tenore lipidico medio (%)	3,2
Tenore proteico medio (%)	3,5
Peso vivo	650

Tabella 4.35 – Input luglio 2024

L'analisi qualitativa della razione (Tabella 4.36) ha evidenziato dei valori migliori rispetto alle altre due razioni analizzate in precedenza.

Il fabbisogno in DMI è stato pienamente soddisfatto, così come il bilancio energetico che si è rivelato ampiamente positivo. Il bilancio proteico ha mostrato livelli decisamente più adeguati in confronto alle razioni di marzo e maggio (fabbisogno proteico non soddisfatto per soli 3,7 g). Il buon livello di questi parametri giustifica un aumento della produzione attesa grazie all'energia fornita e un incremento (teorico) nei grammi di proteina metabolizzabile, sia microbica che di origine alimentare.

Anche altri parametri come UFL/ kg SS, NDF, amido e ceneri hanno mostrato dei buoni risultati. Di fronte a una razione ben bilanciata nella maggior parte dei propri aspetti, il risultato atteso sarebbe quello di constatare un aumento nella produzione e nella qualità del latte, ma a riguardo, la Tabella 4.36 testimonia un andamento diverso, soprattutto a livello proteico e lipidico.

Una delle plausibili cause, relative al mancato raggiungimento del potenziale produttivo, può risiedere nella scorretta conservazione dei foraggi annessa alle temperature elevate del periodo estivo. Oltre a una conservazione non ottimale dei foraggi, soprattutto gli insilati, nell'azienda S è stata rilevata una possibile criticità legata alla somministrazione della razione con carro miscelatore: la razione veniva infatti distribuita dopo la mungitura mattutina e restava successivamente esposta per tutto l'arco della giornata al calore, all'umidità, ai raggi del sole (solo nelle ore pomeridiane) e alla crescita di microrganismi

indesiderati. Questi fattori, fanno sì che la temperatura della razione a “piatto unico” aumenti, causando una diminuzione nel valore nutritivo di molti alimenti costituenti la dieta delle bovine (tra i principali ricordiamo proteine e carboidrati) e una perdita di appetibilità generale della razione stessa. La conseguenza primaria si verifica in una minor assunzione di alimenti che a sua volta genera un peggioramento della produzione quali-quantitativa di latte (Noonan, 2022).

Costo Razione (€/d)	8,0	Foraggio (% s.s.)	60,5
IOFC (€/d)	4,6	Proteina grezza (% s.s.)	15,0
DMI effettiva (kg/d)	20,8	UFL/kg SS	0,9
Fabbisogno DMI (kg/d)	18,6	ADF (% s.s.)	22,4
Bilancio energetico (UFL/d)	4,5	NDF (% s.s.)	34,8
Bilancio proteico (g)	-3,7	Lignina (% s.s.)	3,8
Produzione giornaliera latte (kg/d)	25,0	NFC (% s.s.)	41,4
Potenziabile produzione di latte grazie all'energia fornita (kg/d)	32,1	Amido (% s.s.)	23,8
Potenziabile produzione grazie alla proteina fornita (kg/d)	24,9	E.E (% s.s.)	3,4
Proteina metabolizzabile da microrganismi (g/d)	1285,0	Ceneri (%)	8,2
Proteina metabolizzabile da alimenti (g/d)	751,0	Efficienza fosforo nel latte (% sull'ingerito)	35,9
		Efficienza azotata nel latte (% sull'ingerito)	27,5

Tabella 4.36 – Risultati dell’elaborazione tramite CPM-Dairy, Azienda S, luglio 2024

4.3 Analisi delle produzioni

Le analisi produttive presenti in questo paragrafo, sono il frutto di un'elaborazione di dati provenienti dai controlli funzionali, effettuati con regolarità nelle quattro aziende prese in esame. In particolare, i tecnici dell'A.I.A. (Associazione Italiana Allevatori), si recano con regolarità nelle aziende per raccogliere dati relativi alla produzione di latte e carne.

Una volta raccolti, i dati vengono gestiti presso l'Ufficio Centrale per il Controllo delle Produzioni Animali (UCCPA) per poi essere consegnati agli allevatori. Su gentile concessione degli allevatori è stato dunque possibile realizzare le varie elaborazioni presenti in questo paragrafo. In questo caso, l'analisi delle produzioni è stata concentrata su parametri quali: valore delle cellule somatiche nel latte, produzione media giornaliera (kg/d), tenore lipidico e tenore proteico del latte.

4.3.1 Azienda P

Per quanto riguarda il tenore di cellule somatiche (Grafico 4.1), nell'azienda P è stato osservato un andamento particolarmente altalenante. Nel periodo in cui è stato svolto lo studio, per tutte le bovine in lattazione, i valori medi sono oscillati quasi sempre intorno a livelli critici, a eccezione delle bovine alla prima lattazione che nei mesi di dicembre e aprile hanno presentato tenori inferiori a $5 \log_{10}$ (la quota di cellule somatiche presenti nel latte è espressa in scala logaritmica in modo da poter effettuare un'elaborazione dei dati più agevole). È necessario precisare che una bovina da latte viene considerata sana quando il quantitativo di cellule somatiche presenti nel proprio latte non supera i 200.000 cellule/ml (Zanini et al, 2017) (pari a $5,3 \log_{10}$). Questo vale per le bovine che si trovano quantomeno alla seconda lattazione (secondipare e pluripare), poiché, se la bovina si trova nella prima lattazione (primipara), per essere considerata sana, il tenore di cellule somatiche non deve superare il valore di 100.000 cellule/ml (Zanini, 2017) (ovvero $5 \log_{10}$).

Valori elevati possono essere generati da molti fattori. Sicuramente, non utilizzare le pratiche di *pre-dipping* e *post-dipping* in fase di mungitura (come accaduto nell'azienda P), facilita la comparsa di problematiche sanitarie come la mastite (Rocha-Silva et al, 2023). Questa è solamente un'ipotesi, ma è fondamentale considerare che la qualità del latte può presentare grosse differenze in base alle scelte gestionali e alle operazioni svolte dagli allevatori (Sandrucci et al, 2022).

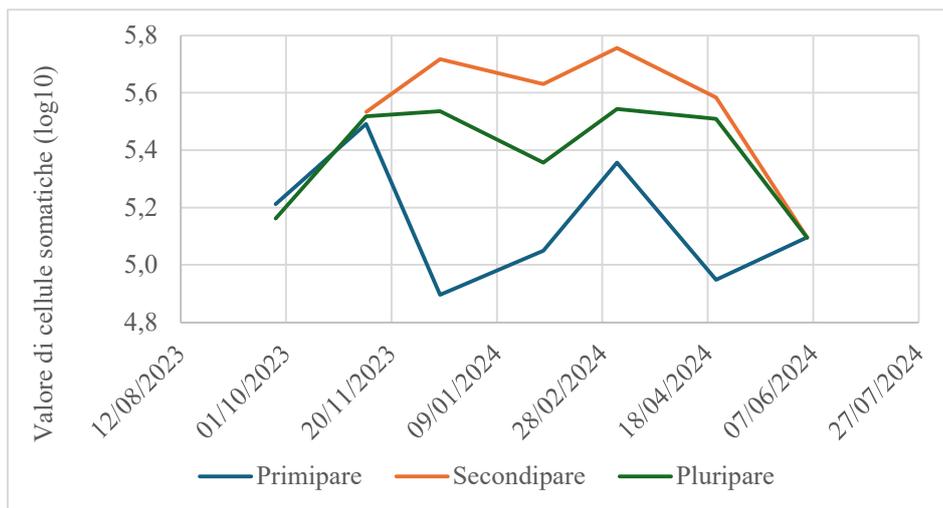


Grafico 4.1 – Andamento del tenore in cellule somatiche presenti nel latte, Azienda P

L'andamento della produzione media giornaliera nell'azienda P è mostrato nel Grafico 4.2, da cui è possibile osservarne un progressivo calo nel tempo.

Dalla lettura dello stesso grafico è possibile notare come, in diversi punti, il calo della produzione si sia verificato in corrispondenza (nel Grafico 4.1) di un incremento nella quota di cellule somatiche, a dimostrare la forte correlazione che intercorre tra i due parametri.

Si stima che oltre le 200.000/ml si possano registrare perdite produttive corrispondenti a circa il 5%, mentre per valori pari a 1.500.000/ml le perdite possono ammontare al 25% (Cevolani et al,2022).

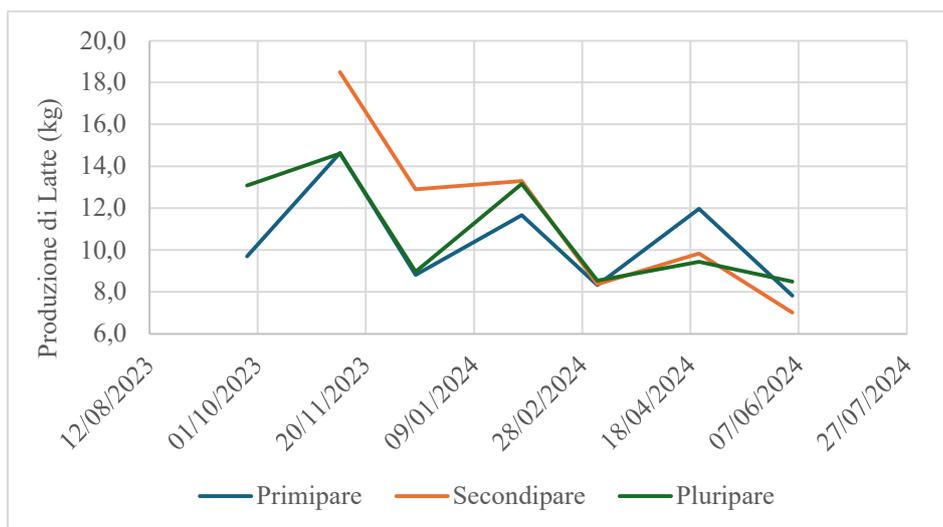


Grafico 4.2 - Andamento della produzione media giornaliera, azienda P

L'andamento della porzione lipidica del latte (Grafico 4.3) non ha fornito valori costanti e anche in questo caso sono state trovate diverse relazioni con la tendenza relativa al livello di cellule somatiche (Grafico 4.1). Mentre le pluripare hanno mantenuto un tenore lipidico quasi sempre superiore o uguale al 3,5%, le secondipare hanno presentato dei cali, soprattutto nel primo periodo di analisi, dove è stato raggiunto un valore inferiore al 3,0%. Durante il periodo di studio, le secondipare hanno rappresentato il gruppo produttivo che, nell'azienda P, ha registrato il livello di cellule somatiche medio più elevato.

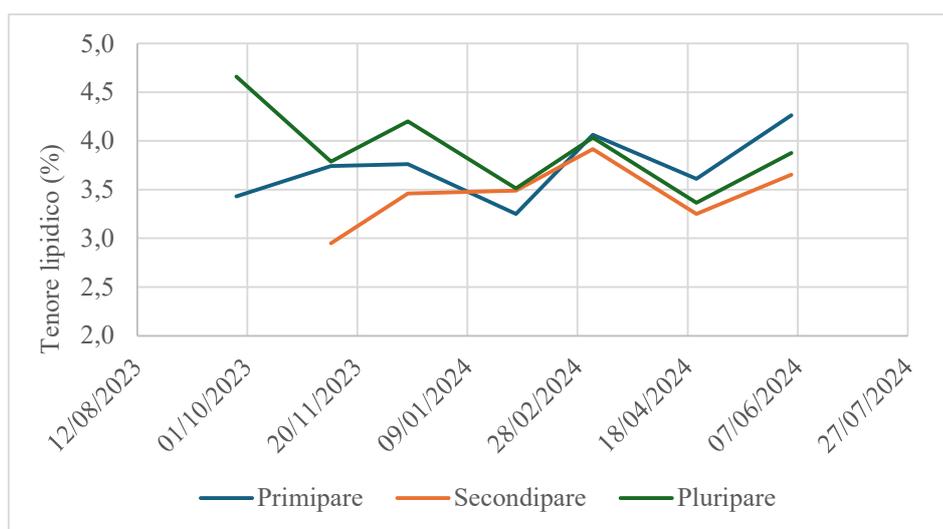


Grafico 4.3 – Andamento del tenore medio in grasso presente nel latte, Azienda P

Il tenore proteico caratterizzante il latte dell'azienda P (Grafico 4.4), ha registrato un andamento più regolare dal punto di vista dei gruppi produttivi: le pluripare hanno quasi sempre presentato il valore più elevato nel corso di tutti i controlli effettuati, mentre le secondipare hanno mostrato il tenore più basso nella maggior parte dei casi, raggiungendo valori "critici" al di sotto del 3,0%. Come già descritto nel paragrafo 4.2.1, tendenzialmente, la sintesi di proteine a livello mammario dipende fortemente dall'apporto energetico proveniente dalla razione: aumentare la componente di carboidrati fermentescibili porta a un innalzamento del tenore proteico nel latte. La quota di carboidrati non strutturali presenti nella razione, però, non può presentare grossi eccessi, poiché deve garantire un corretto svolgimento dei processi fermentativi nel rumine grazie al mantenimento di un pH ruminale ideale (rischio acidosi) (Sandrucci et al, 2022).

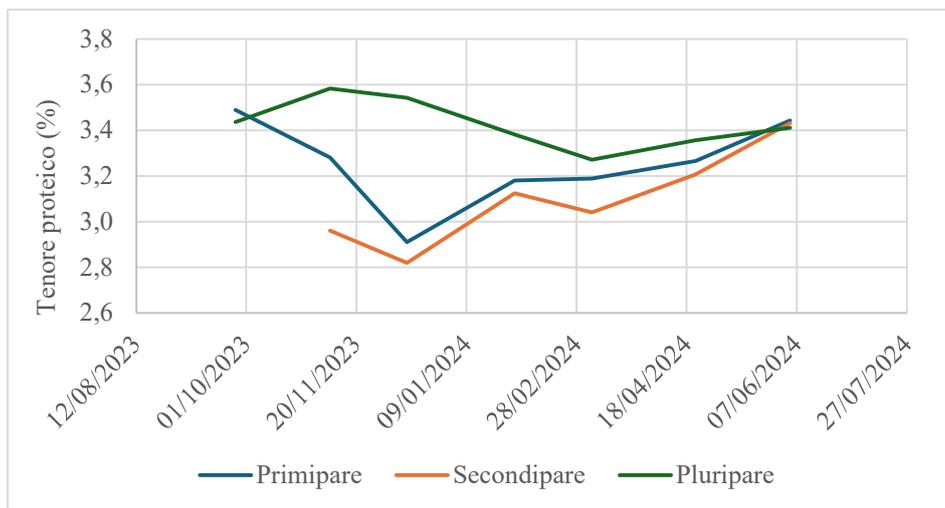


Grafico 4.4 – Andamento del tenore medio in proteina presente nel latte, Azienda P

4.3.2 Azienda O

I gruppi produttivi dell'azienda O hanno registrato un andamento del valore di cellule somatiche ben marcato (Grafico 4.5). Essendo il quantitativo di cellule somatiche strettamente correlato con il numero di lattazioni (Cevolani et al, 2022), è risultato nella norma ritrovare i tenori più bassi in corrispondenza delle primipare per poi verificare un incremento nelle secondipare e nelle pluripare.

Tuttavia, già per le bovine alla prima lattazione sono stati riscontrati diversi valori allarmanti, dato che, solo in una delle analisi effettuate, il numero medio di cellule somatiche è sceso sotto il 5 log₁₀ (4,9 log₁₀). La quota media più elevata raggiunta dalle primipare è risultata pari 5,3 log₁₀.

Per quanto riguarda secondipare e le pluripare, la situazione si è dimostrata ancora più critica, poiché il valore (medio) più basso registrato dall'elaborazione dei controlli funzionali è stato uguale a 5,3 (log₁₀): il valore medio massimo relativo alle primipare è risultato essere pari al valore medio minimo per le pluripare. Per comprendere la pericolosità di questi numeri, è sufficiente trasformare in cifre il valore massimo riferito alle pluripare, ovvero 6,2 log₁₀ che equivale a 1.500.000/ml.

Oltre a rappresentare una forte perdita economica per l'azienda (perdita anche superiore al 25% della produzione) un quantitativo così elevato di cellule somatiche crea sicuramente una forte condizione di stress e sofferenza per l'animale. Oltre a generare delle problematiche per l'animale, una mammella infetta produce un latte differente dal punto di vista della composizione e dell'attitudine alla caseificazione.

La causa di un andamento così rischioso potrebbe risiedere nella gestione della mandria e, più nello specifico, nella tipologia di stabulazione: l'azienda O è l'unica tra le quattro aziende oggetto di studio a utilizzare la stabulazione fissa per allevare i propri animali ed è risultata la sola ad adoperare la mungitrice portatile per raccogliere il latte dalle proprie bovine. È necessario ricordare che la tipologia di stabulazione influisce direttamente sul tempo che la bovina passa a riposo e automaticamente anche sull'igiene della mammella (Sandrucci et al, 2022).

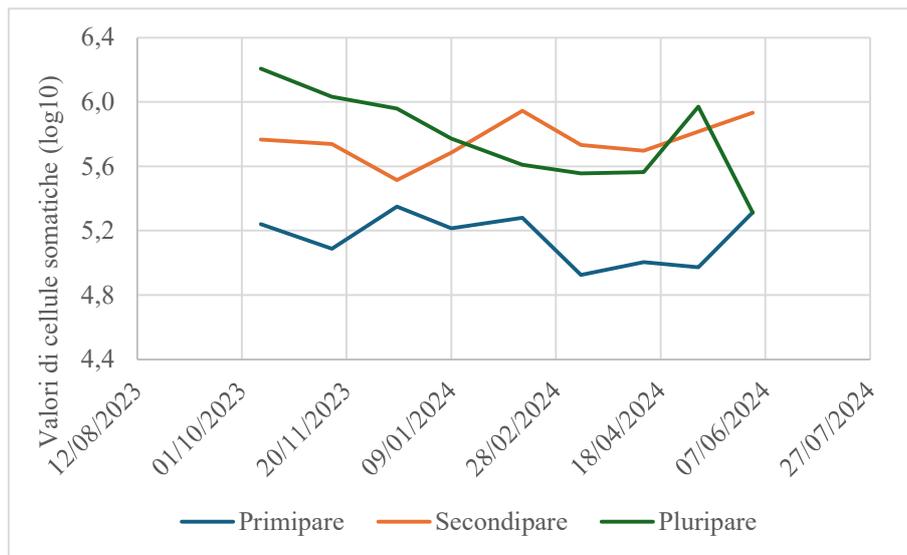


Grafico 4.5 – Andamento del tenore in cellule somatiche presenti nel latte, Azienda O

Durante il periodo di studio, la produzione giornaliera media (Grafico 4.6) ha mostrato un progressivo incremento e in particolare, per quanto riguarda le pluripare, è stato possibile osservare una crescita costante in corrispondenza di un calo nel tenore di cellule somatiche. Infatti, un latte contenente più di 200.000 cellule somatiche/ml subirà, all'aumentare di questa quota, una diminuzione delle percentuali di grasso, caseine (modificazione dell'attitudine casearia) e lattosio, componente osmoticamente attivo nel processo di secrezione che avviene a livello degli alveoli della ghiandola mammaria.

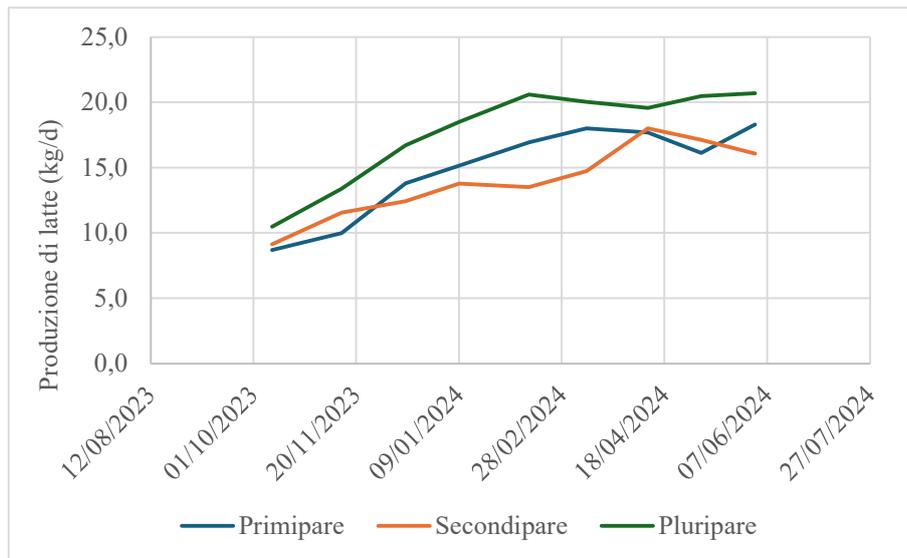


Grafico 4.6 - Andamento della produzione media giornaliera, Azienda O

L'analisi del tenore lipidico presente nel latte ha fatto emergere dei buoni valori per l'azienda O. Nel latte prodotto dalle pluripare, solo una volta la media è scesa al di sotto del 3,5%, mentre per i restanti controlli il valore medio si è posizionato intorno al 4,0%. Per primipare e secondipare, invece, il tenore medio ha registrato valori inferiori al 4,0% in solo un paio di occasioni, dimostrando un buon andamento e una correlazione negativa tra la percentuale di grasso nel latte e il numero di lattazioni. Dal punto di vista alimentare, l'azienda O ha dunque evidenziato un corretto sfruttamento dei batteri ruminanti, in particolare di quelli cellulolitici: infatti, la maggior parte degli acidi grassi costituenti i trigliceridi presenti nel latte, sono il frutto del metabolismo di acido acetico e butirrico, prodotti nel rumine nel processo di degradazione della componente fibrosa.

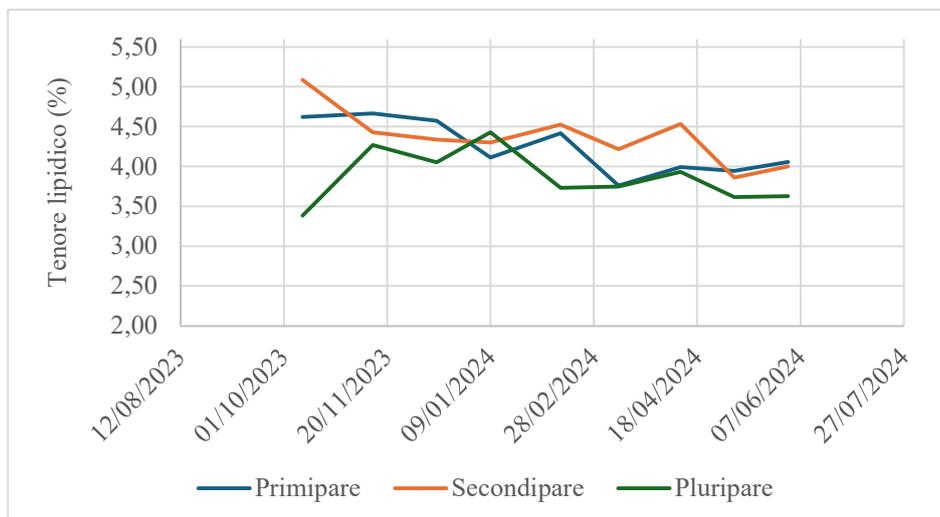


Grafico 4.7 – Andamento del tenore medio in grasso presente nel latte, Azienda O

Nell'analisi della componente proteica (Grafico 4.8), è stato registrato un andamento poco regolare. Nonostante l'irregolarità dei valori, le secondipare hanno mostrato quasi sempre il tenore medio più elevato, mentre le pluripare hanno avuto nella maggior parte delle occasioni i valori più bassi. A differenza di quanto osservato nell'azienda P, nell'azienda O è stata verificata una correlazione opposta tra il numero di lattazioni e la percentuale di proteine media nel latte: la componente proteica è infatti diminuita al crescere del numero di lattazioni. Tendenzialmente, il livello medio di proteine nel latte è risultato buono e in alcuni casi superiore alla media relativa alla razza Bruna Italiana (3,59%), a dimostrare l'adeguatezza dell'apporto energetico all'interno della razione (Paragrafo 4.2.2).

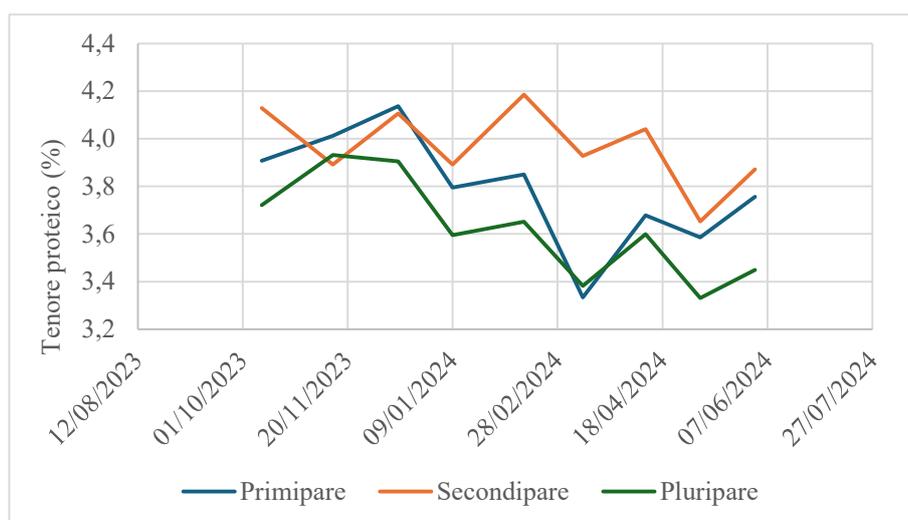


Grafico 4.8 – Andamento del tenore medio in proteina presente nel latte, Azienda O

4.3.3 Azienda B

Rispetto a quanto osservato dalle analisi produttive delle aziende P ed O, nell'azienda B il tenore medio di cellule somatiche nel latte è stato decisamente più contenuto, mantenendo nella maggior parte dei casi valori adeguati.

Nel periodo di studio, le pluripare hanno sempre registrato il valore medio più elevato, raggiungendo due volte un picco massimo di 5,2 log₁₀. Le primipare sono state, nella maggior parte dei casi, il gruppo produttivo con il valore medio più basso di cellule somatiche, senza mai superare il livello (ottimo) di 4,7 log₁₀.

Il motivo di questi buoni risultati riscontrati può certamente essere ricondotto all'utilizzo di macchinari efficienti per la mungitura, al mantenimento dell'igiene in stalla e alle buone pratiche come, per esempio, il giusto impiego del *pre-dipping* e del *post-dipping*.

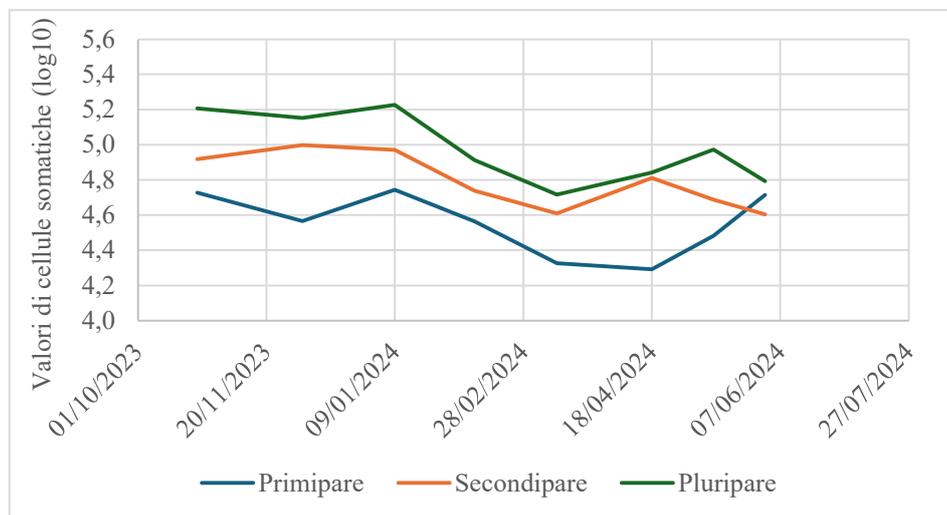


Grafico 4.9 – Andamento del tenore in cellule somatiche presenti nel latte, Azienda B

L'andamento della produzione media giornaliera è risultato in costante crescita dai primi mesi di analisi fino al mese di aprile, dal quale, come mostrato nel Grafico 4.10, è stato osservato un mantenimento costante della produzione media giornaliera pari a 30 kg (tenendo conto di tutti i gruppi produttivi) fino ai mesi successivi.

Nella maggior parte delle occasioni, la produzione media più elevata è stata riscontrata nelle pluripare, mentre quella più bassa è stata rilevata nelle primipare.

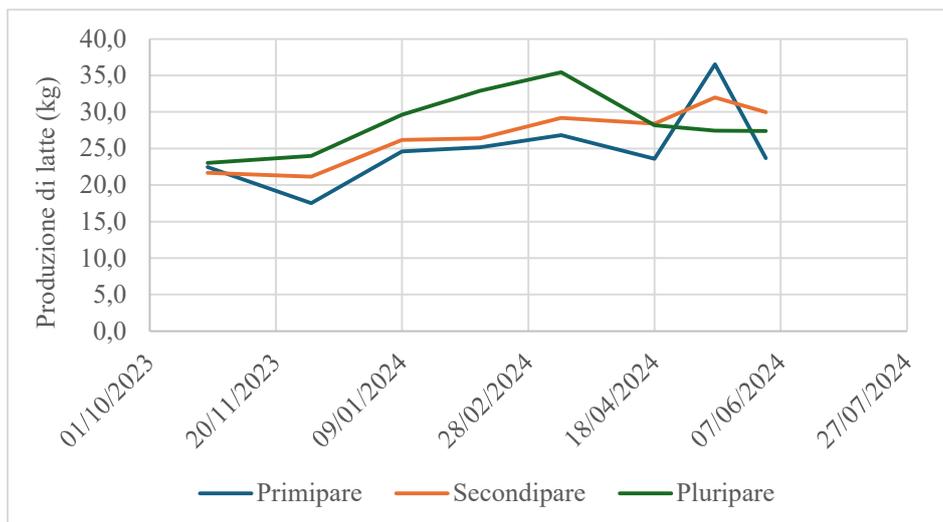


Grafico 4.10 - Andamento della produzione media giornaliera, Azienda B

Rispetto all'andamento relativo alla produzione di latte, il tenore lipidico medio ha dimostrato caratteristiche opposte. Le primipare, infatti, hanno quasi sempre avuto la percentuale più elevata di grasso nel latte che non è mai risultata inferiore al 4,0%.

Pluripare e Secondipare hanno invece dimostrato in media gli stessi valori, raggiungendo un valore minimo pari al 3,7%.

Osservando il tenore in grasso medio della razza Bruna Italiana (4,03%) (Sandrucci et al, 2022), si può affermare che i valori registrati nell'azienda B sono risultati nella media.

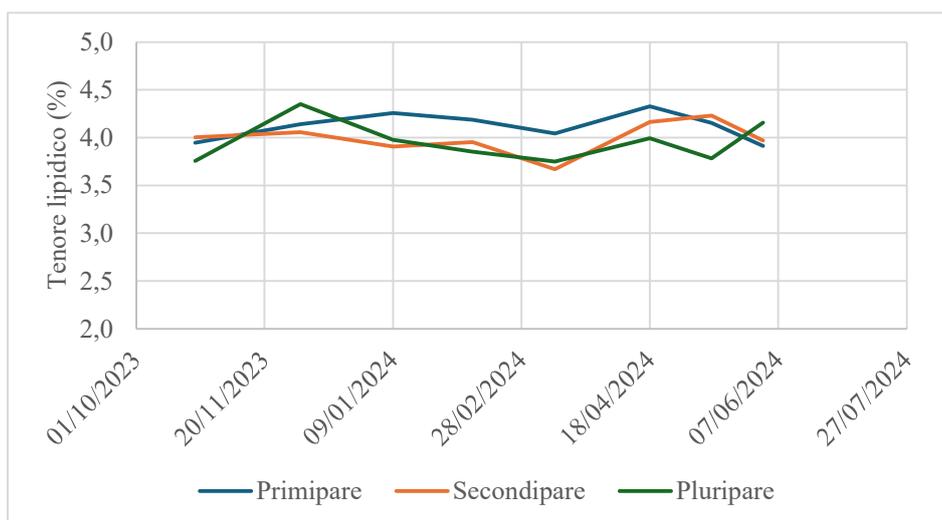


Grafico 4.11 – Andamento del tenore medio in grasso presente nel latte, Azienda B

Come osservato nell'andamento del tenore lipidico, anche la percentuale proteica delle primipare è risultata la più elevata nella maggior parte dei casi (Grafico 4.12).

Nello specifico, le primipare hanno mostrato dei valori medi sempre superiori al 3,6%, ovvero la media della razza Bruna Italiana. Le pluripare e le secondipare hanno mostrato (tendenzialmente) dei valori più bassi rispetto alle primipare, senza mai presentare grandi oscillazioni: le loro medie si sono sempre posizionate tra il 4,0% e il 3,5%.

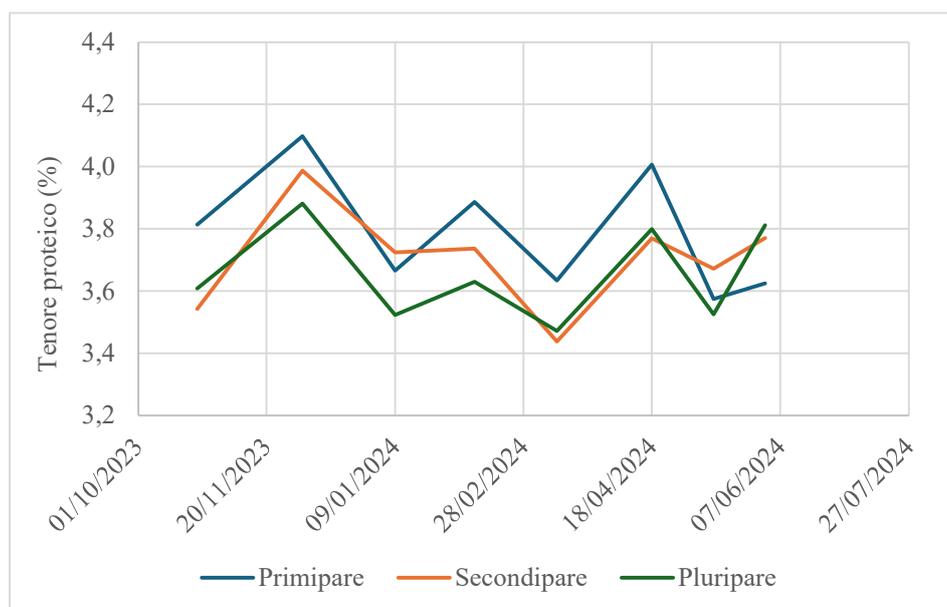


Grafico 4.12 – Andamento del tenore medio in proteina presente nel latte, Azienda B

4.3.4 Azienda S

A differenza di quanto rilevato dai controlli funzionali analizzati per le aziende P, O e B, nell'azienda S, il tenore medio in cellule somatiche (Grafico 4.13) ha presentato un andamento differente. I valori medi delle primipare, infatti, si sono sempre dimostrati superiori a quelli delle secondipare e in alcuni casi superiori anche delle pluripare.

Oltre a essere superiori rispetto agli altri gruppi produttivi, i tenori medi delle bovine primipare hanno evidenziato delle criticità, poiché il valore minimo è risultato esseri pari a $5,3 \log_{10}$, cifra già molto rischiosa per una bovina alla prima lattazione.

Le pluripare hanno presentato un andamento meno regolare, alternando fasi più critiche (con picchi pari a $5,8 \log_{10}$ e $6,0 \log_{10}$) a fasi meno critiche (valori medi comprese tra $4,9 \log_{10}$ e $5,1 \log_{10}$). Le medie delle pluripare non si sono quasi mai avvicinate ai valori registrati dalle secondipare, che si sono dimostrate il gruppo produttivo con la migliore qualità del latte dal punto di vista sanitario.

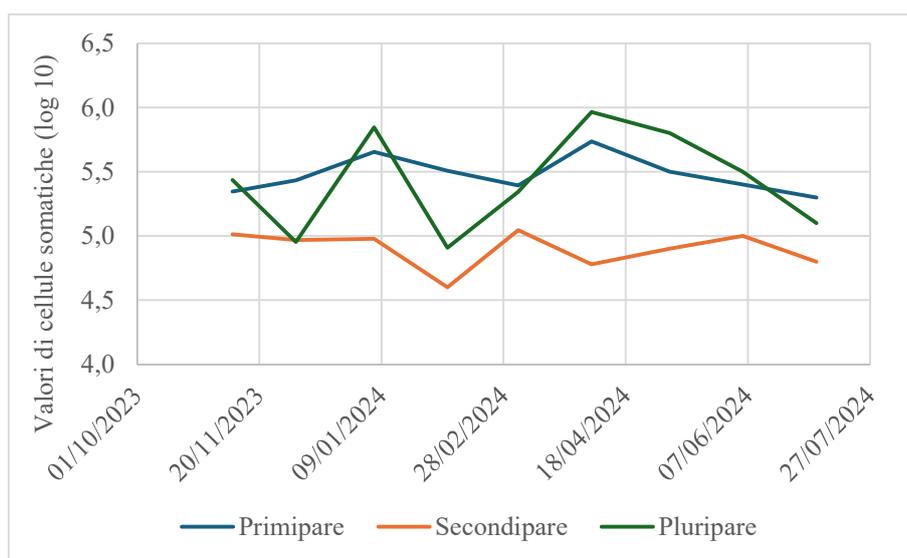


Grafico 4.13 – Andamento del tenore in cellule somatiche presenti nel latte, Azienda S

L'andamento relativo alla produzione media giornaliera è risultato costante: nel periodo di studio, le pluripare hanno sempre avuto i valori produttivi più elevati, mentre le secondipare hanno sempre mostrato i valori più bassi. Come si può notare dal Grafico 4.14, non sono stati registrati picchi o cali improvvisi e la produzione media aziendale è rimasta compresa tra i 20 kg/d e i 25 kg/d.

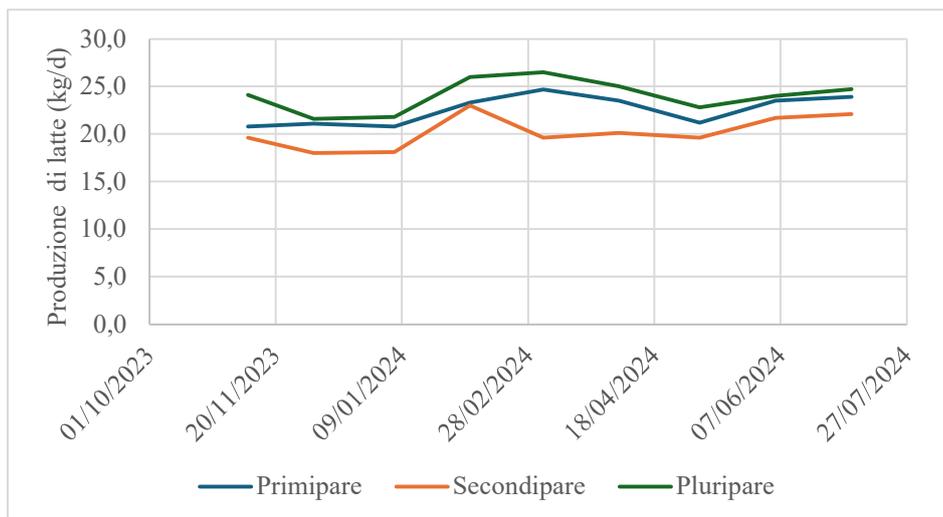


Grafico 4.14 - Andamento della produzione media giornaliera, azienda S

Anche la percentuale di grassi presenti nel latte ha mantenuto un trend costante, dimostrando livelli pari o superiori al 4,0% per la maggior parte del periodo di studio, per poi registrare un progressivo calo (nei mesi di giugno e luglio) causato dal mancato rispetto delle buone pratiche di conservazione e somministrazione dei foraggi evidenziato nel paragrafo 4.2.4. In generale, non è stato rilevato un gruppo produttivo che garantisca una migliore qualità del latte sotto il profilo del tenore lipidico.

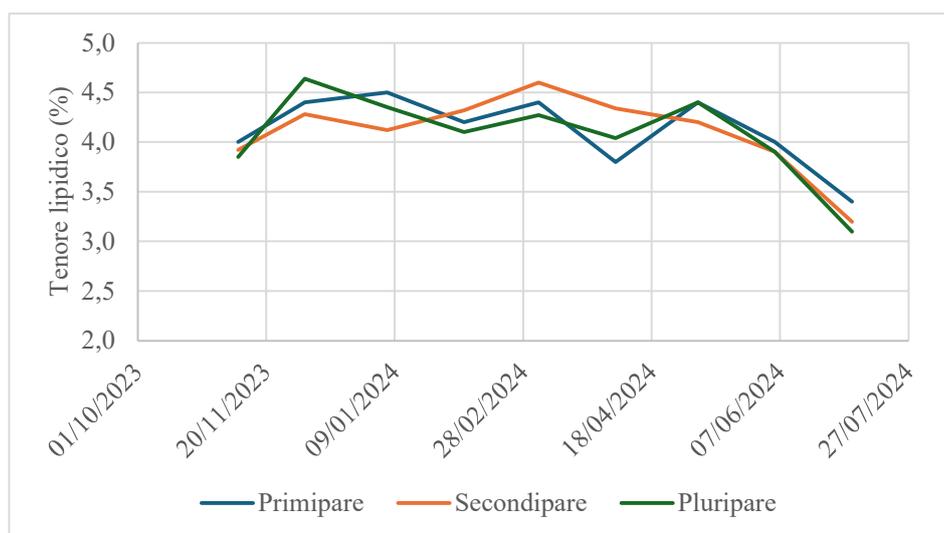


Grafico 4.15 – Andamento del tenore medio in grasso presente nel latte, Azienda S

In generale, la quota proteica media, caratterizzante il latte dell'azienda S (Grafico 4.16), ha presentato dei buoni livelli, tenendo conto che il latte di Frisona Italiana ha un tenore proteico medio pari al 3,32% (Sandrucci et al, 2022).

Come per il tenore lipidico, anche in questo caso non è stato rilevato un gruppo produttivo più efficiente degli altri nella sintesi di proteine a livello mammario: nella prima parte del periodo di studi, le pluripare sono risultate le migliori con un tenore medio pari al 3,8%; nella fase centrale dello studio le secondipare hanno evidenziato un picco che ha permesso loro di raggiungere una quota media equivalente al 4,0%, mentre nei primi mesi primaverili è stato registrato un altro picco relativo alla produzione delle primipare (3,9%).

Nei mesi di giugno e luglio (come per il tenore in grasso) si è verificato un calo generale che ha portato a raggiungere valori medi equivalenti al 3,5%.

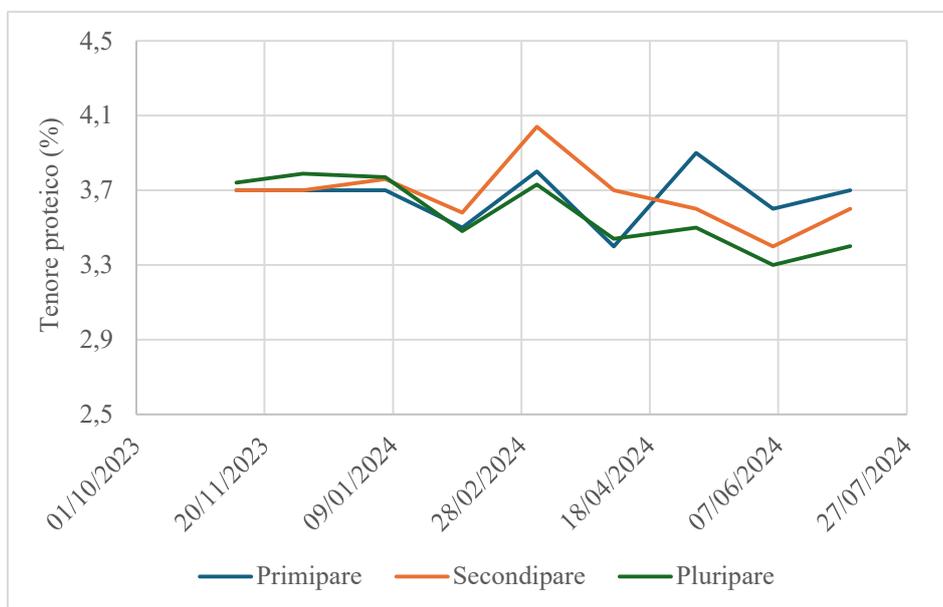


Grafico 4.16 – Andamento del tenore medio in proteina presente nel latte, Azienda S

4.4 Efficienza alimentare

L'efficienza alimentare delle quattro aziende, oltre a essere stata valutata tramite i parametri riportati dalle analisi delle razioni effettuate con il software CPM-Dairy calcolata sulla produzione di latte reale, è stata anche ricalcolata in base alla produzione di FPCM (*Fat and Protein Corrected Milk*), ovvero la produzione di latte corretta per il contenuto lipidico (4%) e proteico (3,2%). Nella Tabella 4.37 sono riportati i valori medi relativi ai parametri utili ai fini della valutazione dell'efficienza alimentare di un allevamento di vacche da latte. È importante ricordare che, per avere buoni livelli di conversione della sostanza secca ingerita in latte, all'interno di un allevamento, i valori di DE (*Dairy efficiency*) dovrebbero oscillare tra 1,4 e 1,9 (Hutjens et al, 2001).

Parametri efficienza alimentare	Unità di misura	Azienda			
		P	O	B	S
Produzione giornaliera di FPCM	kg/d*capo	8,8	18,3	30,0	23,7
Produzione annuale di FPCM	kg/y*capo	3206,0	6664,0	10952,0	8644,0
Costo della razione giornaliera	€/d	3,2	3,9	2,9	7,1
IOFC	€/d	14,8	14,8	26,9	4,4
Dairy efficiency (DE)	kg FPCM/kg s.s. razione	0,5	0,9	1,4	1,3

Tabella 4. 37 – Parametri di efficienza alimentare medi, registrati nelle quattro aziende durante il periodo di studio

Sotto il profilo dell'efficienza alimentare, come già anticipato durante la fase di valutazione delle razioni, le differenze tra le aziende sono risultate elevate, con valore minimo di 0,5 kg FPCM/kg DMI per l'azienda P, e valore massimo di 1,4 kg FPCM/kg DMI per l'azienda B. In realtà non è sufficiente basarsi sulla resa produttiva in relazione alla sostanza secca ingerita (DE), ma è corretto porre attenzione anche alle spese sostenute per l'alimentazione. In particolare, nel costo della razione giornaliera (a capo), le aziende P, O e B, ovvero le tre aziende che svolgono l'attività di caseificazione, hanno mostrato delle spese molto più contenute in confronto all'azienda S, la quale essendo focalizzata principalmente sulla produttività (conferisce tutto il latte prodotto a una latteria) ha fatto registrare spese relative all'alimentazione delle bovine da latte decisamente elevate (più del doppio rispetto a quasi tutte le altre tre aziende prese in esame).

A partire da questi dati è possibile analizzare con maggior criterio i valori relativi ai ricavi al netto delle spese alimentari (IOFC). Oltre ad aver presentato un ricavo migliore per ogni litro di latte venduto (1 €, come specificato nel Paragrafo 1.5), le aziende P, O e B, al netto dei costi relativi alla razione più bassi, hanno evidenziato dei valori di IOFC (*Income Over Feed Cost*) di gran lunga migliori rispetto a quelli registrati per l'azienda S, a dimostrazione di come la trasformazione del latte, se effettuata in maniera attenta e corretta, possa rappresentare la chiave per rendere più sostenibili i sistemi zootecnici presenti nelle aree montane.

È necessario specificare che per l'azienda P il ricavo unitario utilizzato per effettuare questa tipologia di calcoli, è stato pari a 2 €/l, poiché i prodotti della trasformazione, sono costantemente impiegati nell'attività di ristorazione svolta nell'agriturismo di proprietà dell'azienda stessa.

Questo giustifica un valore di IOFC così elevato (14,8 €/d) a fronte di una produttività particolarmente bassa, come evidenziato in Tabella 4.37. Per quanto riguarda la produttività e l'efficienza delle quattro aziende, i dati sono risultati in alcuni casi critici, mentre in altri l'esito è stato migliore.

Per l'azienda P, la *Dairy Efficiency* (DE) è risultata molto bassa, come la produzione annuale media: per produrre un litro di latte, infatti, una bovina necessitava in media di quasi due chili di sostanza secca. Da qui è possibile comprendere il vero potenziale inespresso di alcune realtà montane, che nel corso di questo studio, hanno dimostrato avere margini di miglioramento e di conseguente guadagno, davvero ampi. Per quanto riguarda la DE rilevata negli altri allevamenti presi in esame, nell'azienda O i valori sono risultati leggermente migliori rispetto all'azienda P, senza raggiungere tuttavia un risultato ottimale. Per avere DE accettabili, è necessario osservare i risultati relativi alle aziende S e B, dove i valori sono rispettivamente risultati pari a 1,3 e 1,4.

Dai dati mostrati è possibile riscontrare una chiara ed evidente proporzionalità tra la produzione di latte e i valori di efficienza relativi alla conversione di sostanza secca in latte.

4.5 Bilancio dell'azoto

Uno dei parametri utilizzati nella valutazione dell'efficienza di un'azienda agricola e di un allevamento, è il bilancio dell'azoto a livello aziendale, tramite il quale è possibile valutare l'efficienza di trasformazione, ovvero il rapporto tra l'uscita (output) e l'entrata (input) di azoto in allevamento. Dalla Tabella 4.38 è possibile osservare tutti i parametri misurati per i calcoli dei valori di input e di output, utili per il calcolo del bilancio azotato e dell'efficienza azotata aziendale (efficienza di trasformazione). Nei bovini, l'efficienza di trasferimento nel latte (e anche nelle carni) dell'azoto assunto con la dieta si aggira intorno al 24-28% e quasi mai supera il 34-35% (Formigoni et al, 2019). È possibile migliorare questo bilancio tramite l'ottimizzazione dell'alimentazione degli animali, la riduzione delle perdite di azoto attraverso una corretta gestione dei reflui e attraverso l'adozione di pratiche agricole sostenibili.

Parametri di valutazione del bilancio azotato	Unità di misura	Azienda			
		P	O	B	S
Alimenti acquistati	kg/ha	190	550	373	54
Animali acquistati	kg/ha	4,3	0,0	0,4	0,0
Lettiera acquistata	kg/ha	16,3	14,0	38,4	0,8
Deposizioni (valore fisso)	kg/ha	20,0	20,0	20,0	20,0
Fissazione (valore fisso)	kg/ha	15,0	15,0	15,0	15,0
TOTALE INPUT DI AZOTO	kg/ha	246,0	599,0	447,0	89,0
Latte e altri derivati venduti	kg/ha	27,2	282,4	241,0	30,3
Animali venduti	kg/ha	19,0	35,1	26,4	4,7
TOTALE OUTPUT DI AZOTO	kg/ha	46,0	317,0	267,0	35,0
BILANCIO DI AZOTO (INPUT – OUTPUT)	kg/ha	<u>200</u>	<u>282</u>	<u>180</u>	<u>54</u>
Tasso di volatilizzazione	%	28%	28%	28%	28%
Azoto al campo	kg/ha	144	203	130	39
Efficienza azotata aziendale (output/input)	%	<u>18,8%</u>	<u>53,0%</u>	<u>59,8%</u>	<u>39,2%</u>

Tabella 4.38 – Valori relativi al bilancio dell'azoto medio, calcolato nelle quattro aziende per l'anno 2023.

Per quanto riguarda gli alimenti acquistati, l'azienda O è risultata quella con il valore più elevato, espresso in kg/ha a causa dei pochi ettari posseduti a fondovalle; questo aspetto incide molto sul valore finale di input di azoto.

Dal punto di vista della lettiera acquistata, lo scenario è apparso differente: l'azienda B, pur non essendo la più piccola sotto il profilo degli ettari posseduti a fondovalle, ha mostrato un numero più alto in confronto alle altre tre aziende. Questo significa che all'interno dell'azienda B sono stati utilizzati più kg di lettiera per ogni bovina rispetto a quanto rilevato nelle altre tre aziende: potrebbe quindi non essere una casualità, aver registrato i migliori tenori in cellule somatiche presenti nel latte, proprio nei controlli funzionali effettuati in questa azienda.

I valori di output e nello specifico quelli relativi alla vendita di latte e derivati, hanno mostrato alcune differenze tra i quattro allevamenti. Le aziende O e B hanno evidenziato i livelli più elevati, poiché i terreni gestiti da entrambe (a fondovalle) non avevano grandi estensioni (soprattutto per l'azienda O), mentre le aziende P e S hanno mostrato i valori più contenuti. Nonostante questi parametri risultino simili tra alcune aziende, l'efficienza di trasformazione registrata non è certamente la stessa: infatti, l'azienda P e S, pur presentando delle somiglianze nel valore di output riferito alla vendita del latte e dei suoi derivati, hanno presentato efficienze di trasformazione molto differenti (rispettivamente 18,8% e 39,2%), poiché l'azienda S utilizzava quasi il quintuplo degli ettari di fondovalle di proprietà dell'azienda P.

I migliori valori di efficienza azotata sono stati registrati dalle aziende O e B che hanno presentato percentuali superiori al 50% (rispettivamente 53,0% e 59,8%). Da qui è stato possibile notare come l'efficienza di trasformazione dell'azoto, tendenzialmente sia migliorata in corrispondenza di un aumento nella resa produttiva delle bovine da latte.

Essendo la sostenibilità economica degli allevamenti dipendente dalla produzione di latte, è possibile affermare che attraverso un'alimentazione ottimizzata annessa a una corretta gestione generale dell'allevamento, possono essere raggiunti valori di efficienza azotata migliori, andando quindi a incidere positivamente sui ricavi aziendali (De Roest e Speroni, 2005). L'obiettivo finale è chiaramente quello di massimizzare il trasferimento dell'azoto dagli input al prodotto finale, riducendo il più possibile le perdite durante i vari processi (Barberi, 2020). L'efficienza di trasformazione e l'efficienza economica vanno perciò di pari passo (De Roest e Speroni, 2005).

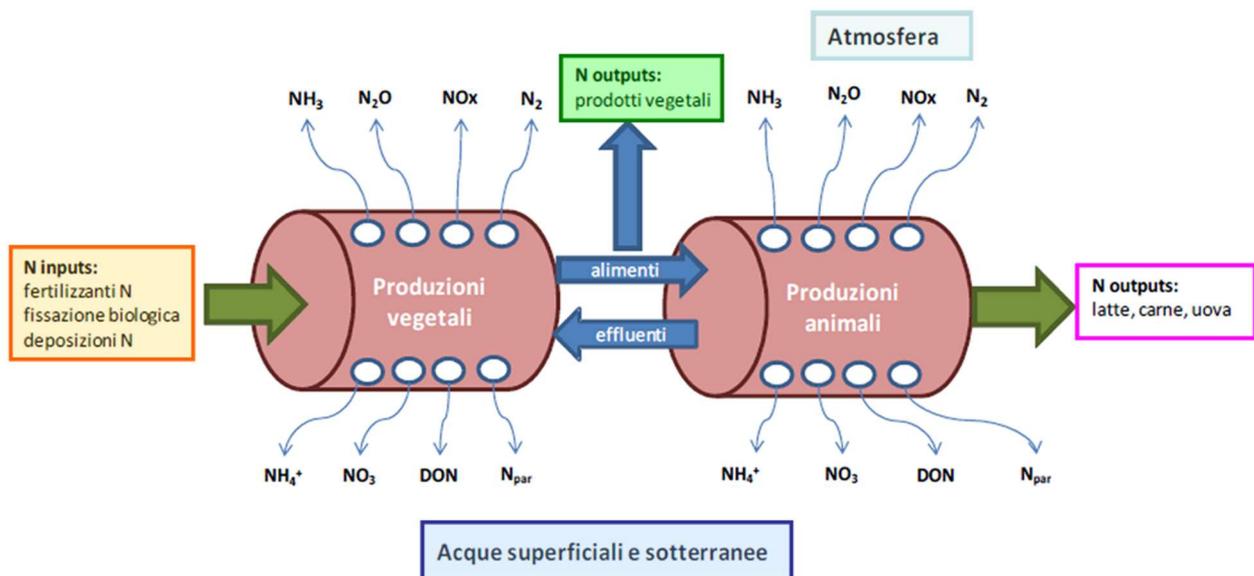


Figura 4.1 – Rappresentazione del bilancio dell'azoto all'interno dell'agroecosistema (Barberi, ERSA, 2020)

L'apporto di azoto al campo è stato un altro parametro (Tabella 4.38) importante per la sostenibilità di un allevamento di bovini da latte, nello specifico per la sostenibilità ambientale. Questo valore, infatti, dovrebbe permettere alle aziende di valutare e pianificare in modo preciso e corretto tutte le attività di concimazione effettuate sui propri terreni. Non conoscere o non tenere conto dell'apporto di azoto, potrebbe significare l'instaurarsi di squilibri all'interno dell'agroecosistema. Le carenze in azoto, per esempio, influiscono in maniera negativa sull'accrescimento e sulla produzione delle colture, mentre degli eccessi azotati possono causare rallentamenti nello sviluppo della coltura, fitopatie e accumulo di nitrati nelle piante, oltre a rappresentare un spreco economico ed una potenziale fonte d'inquinamento (Barbieri, 2020).

Migliorare l'efficienza dell'azoto e promuoverne una corretta gestione, può portare quindi a grandi miglioramenti nella sostenibilità all'interno delle realtà di montagna, sia sotto il profilo economico che ambientale.

5. CONCLUSIONI

Grazie ai dati raccolti, elaborati e commentati nel corso dello studio, è stato possibile trarre diverse conclusioni, specialmente per quanto riguarda strategie e percorsi da seguire per portare un miglioramento dei sistemi zootecnici presenti nelle zone montane. Da quanto mostrato dai risultati ottenuti, le principali problematiche sono state rilevate in corrispondenza di tematiche estremamente attuali come la sostenibilità ambientale, economica e anche alimentare delle aziende agricole oggetto di studio. In particolare, a seconda del tema affrontato, alcune aziende hanno presentato situazioni migliori e altre hanno mostrato situazioni più critiche, ma tutte sono state accomunate dal mancato raggiungimento dei loro potenziali. Non essere in grado di massimizzare un sistema zootecnico, soprattutto in montagna, può essere una delle principali cause del mancato raggiungimento di un buon livello di sostenibilità generale dell'azienda agricola, andando quindi a incidere sulla qualità del prodotto, sulla salute degli animali, sul rapporto stretto che lega le realtà di montagna al territorio e infine sulle redditività dell'azienda agricola.

A partire dalle analisi dei foraggi, le criticità rilevate sono state diverse. Quasi mai, infatti, gli alimenti analizzati hanno presentato valori adeguati per i principali parametri nutritivi. Le cause sono molteplici, a cominciare da condizioni climatiche avverse ed epoche di raccolta errate, fino a incontrare problematiche legate alla conservazione scorretta dei foraggi che possono portare all'alterazione del valore nutritivo degli stessi. Un rapido confronto tra i foraggi acquistati e quelli autoprodotti non ha portato a una conclusione univoca, poiché, in alcuni casi i valori migliori (dal punto di vista nutrizionale) sono stati evidenziati dagli alimenti raccolti nei territori aziendali, mentre in altre situazioni aziendali è stata verificata una qualità superiore nei foraggi prodotti al di fuori dell'allevamento.

Anche sotto il profilo qualitativo delle razioni somministrate negli allevamenti presi in esame, le criticità registrate non sono state poche. In alcuni casi, si sono verificati degli squilibri relativi al bilancio energetico e proteico della razione, oltre al mancato raggiungimento di quote ideali di sostanza secca ingerita (DMI). Inoltre, durante il processo di valutazione delle razioni, sono stati registrati con frequenza valori inadeguati per quanto riguardava la quantità di parete vegetale (NDF e ADF), di proteine e la quota di carboidrati non strutturali presenti.

Questi fattori, sommati a pratiche gestionali spesso scorrette, possono essere cause del mancato potenziale produttivo (e anche riproduttivo) delle bovine da latte presenti all'interno di un allevamento. Foraggi di scarsa qualità, infatti, sono in grado di compromettere la sfera

produttiva e riproduttiva dell'animale, generando quindi dei cali nella produzione e una maggiore esposizione della vacca a dismetabolie e problematiche sanitarie.

La produttività degli allevamenti e la qualità del latte prodotto (sotto il profilo lipidico, proteico e sanitario) sono state valutate tramite l'elaborazione e l'osservazione dei dati provenienti dai controlli funzionali, i quali hanno spesso mostrato delle forti relazioni con i fattori alimentari e gestionali citati in precedenza. Questo ha dimostrato quanto la tipologia e la qualità dell'alimentazione registrate all'interno di un allevamento abbiano influito in maniera diretta sulla produzione e sulla qualità del prodotto finale e, di conseguenza, sulla redditività e sulla sostenibilità economica dell'allevamento stesso.

Per quanto riguarda l'efficienza alimentare e il bilancio dell'azoto calcolati e analizzati per ognuna delle quattro realtà, si sono verificate differenze, soprattutto a livello dei costi delle reazioni, dei ricavi al netto delle spese alimentari (IOFC), dei valori di *Dairy Efficiency* e di efficienza azotata aziendali. Le discrepanze rilevate tra le aziende hanno reso più semplice evidenziare come buoni valori di efficienza alimentare e azotata comportino un miglioramento nella produttività e nella resa delle bovine da latte, incidendo positivamente sulla sostenibilità economica, ma soprattutto su quella ambientale dell'allevamento.

Complessivamente, le quattro aziende hanno evidenziato alcune carenze e problematiche sotto molti aspetti e per questo motivo sono risultate lontane (alcune più, altre meno) dai loro potenziali produttivi, qualitativi, economici e di sostenibilità. Proprio per queste ragioni, è necessario riflettere sul grande margine di miglioramento al quale potrebbero andare incontro, tramite lo sviluppo e il perfezionamento di buone pratiche di allevamento.

6. BIBLIOGRAFIA

Antongiovanni M., Gualtieri M., *Nutrizione e alimentazione animale*, Edagricole - Edizioni Agricole, Bologna, 1998. Pagine consultate: 181-201

Antunes I. C., Bexiga R., Pinto C., Roseiro L. C., Quaresma M. A. G., *Cow's Milk in Human Nutrition and the Emergence of Plant-Based Milk Alternatives*, Researchgate, 2022. 2-7

Associazione Italiana Allevatori (AIA), *Ufficio centrale dei controlli sulla produttività animale*.

<http://www.aia.it/aia-website/it/settori/area-tecnica/ufficio-sviluppo/ufficio-centrale-dei-controlli-sulla-produttivita-animale> (consultato in data 22/09/2024)

Barbieri S., *La corretta concimazione dei terreni gestione degli apporti di azoto*, ERSA, 2020.

https://www.ersa.fvg.it/export/sites/ersa/aziende/sperimentazione/Allegati_Sperimentazione/Incontri-tecnici-concimazione-2020.pdf (consultato in data 25/09/2024)

Bittante G, Andrighetto I, Ramanzin M., *Fondamenti di zootecnica. Miglioramento genetico, nutrizione ed alimentazione*, Liviana Scolastica, 1997. Capitolo 18

Borreani G., Tabacco E., Blanc P., Gusmeroli F., Della Marianna G., Pecile A., Kasal A., Stimpfl E., Tarello C., Arlian D., *La qualità del fieno di montagna va migliorata*, Researchgate, 2005. 47-52

Borsari A., Codeluppi M., Pezzi P, Sangiorgi F., *Il manuale dell'allevatore*, GranLatte Consorzio Cooperativo, 2003. Pagine consultate: 9-12

Bovolenta S., Cozzi G., Tamburini A., Timini M., Ventura W., *L'alimentazione della vacca da latte in alpeggio: fabbisogni e strategie di integrazione alimentare*, Quaderno SOZOOALP, 2005. 29-32

Cevolani D., Bombardieri R., Carrescia R., Cinaquanta M., Freddi V., Galli A., Gallo A., Pepe F., *Alimenti per la vacca da latte e il bovino da carne*, Edagricole, 2022.

Capitoli consultati: 15, 16 e 20.

Cianci D. *Le qualità bio-nutrizionali del latte*, Accademia dei Georgofili, ottobre 2016.

<https://www.georgofili.info/contenuti/le-qualit-bio-nutrizionali-del-latte/2896>

(consultato in data 06/09/2024)

Chimica-online, *Polisaccaridi: amido, glicogeno e cellulosa*.

<https://www.chimica-online.it/download/glucidi/polisaccaridi> (consultato in data

03/09/2024)

Chimica-online, *Amminoacidi essenziali*,

<https://www.chimica-online.it/organica/amminoacidi-essenziali> (consultato in data

07/09/2024)

Clark J. H., Beede D. K., Erdman R. A., Goff J. P., Grummer R. R., Linn J. G., Pell A. N., Schwab C. G., Tomkins T., Varga G. A., Weiss W. P., *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, National Academy Press, Washington D.C., 2001. 3-12

Connor E. E., *Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities*, Science Direct, Animal. 9: 395-408

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731114002997>

Crivellaro E., *Cos'è un cartellino per mangimi*, Ruminantia, 30 luglio 2020.

<https://www.ruminantia.it/cose-un-cartellino-per-mangimi/> (consultato in data 20/082024)

Dal Prà A., Ruozzi F., Schiff M. C., *Fienagione – Le procedure utili per ottenere qualità*, Informatore Zootecnico, maggio 2015. <https://informatorezootecnico.edagricole.it/bovini-da-latte/fienagione-procedure-ottenere-qualita> (consultato in data 19/09/2024)

De Roest K., Speroni M., *Il bilancio dell'azoto negli allevamenti da latte*, C.R.P.A., Agricoltura, Euro Edizioni S.r.l., 2005. Pagine consultate: 112-114

De Souza R. A., Tempelman R. J., Allen M. S., VandeHaar M. J., *Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows*, Journal of Dairy Science Vol. 102 No. 9, 2019, 7948-7951

Fantini A., *Il ricircolo dell'urea*, Professione Allevatore, dicembre 2009. 56-57.
<https://www.ruminantia.it/wp-content/uploads/2016/05/IL-RICIRCOLO-DELLUREA.pdf>
(consultato in data 07/09/2024)

Fantini A., *Guidare le fermentazioni ruminali*, Professione Allevatore, febbraio 2010. 58-59 <https://www.ruminantia.it/wp-content/uploads/2016/05/GUIDARE-LE-FERMENTAZIONI-RUMINALI.pdf> (consultato in data 02/09/2024)

Fantini A., *La gluconeogenesi nei ruminanti*, Professione Allevatore, marzo 2012. 75-76
<https://www.ruminantia.it/wp-content/uploads/2016/05/LA-GLUCONEOGENESI-NEI-RUMINANTI.pdf> (consultato in data 14/09/2024)

Fantini A., *L'importanza di una corretta alimentazione della vitella*, L'informatore Agrario, 2013. 46-47 <https://www.ruminantia.it/wp-content/uploads/2016/05/LIMPORTANZA-DI-UNA-CORRETTA-ALIMENTAZIONE-DELLA-VITELLA.pdf> (consultato in data 15/09/2024)

Fantini A., *Le cellule somatiche e l'attitudine casearia del latte*, Ruminantia, luglio 2021.
<https://www.ruminantia.it/le-cellule-somatiche-e-lattitudine-casearia-del-latte/> (consultato in data 20/09/2024)

Ferlito J., *Con il Nir si può conoscere il fieno come si fa col mangime*, AllevaWeb, marzo 2019. <https://allevaweb.it/analisi-nir-foraggi/> (consultato in data 14/08/2024)

Formigoni A., Nocetti M., *Linee guida per l'uso razionale dei foraggi nell'alimentazione delle bovine che producono latte per il Parmigiano Reggiano*, Consorzio del Formaggio Parmigiano Reggiano, gennaio 2014. Pagine consultate: 5-21

Formigoni A., Cavallini D., Palmonari A., Mammi L., *Urea nel latte: un importante indicatore*, Researchgate, dicembre 2019. Pagine consultate: 47-49
https://www.researchgate.net/publication/337752970_Urea_nel_latte_un_importante_indicatore

Fustini M., Palmonari A., Formigoni A., *I foraggi in razione per ottimizzarne l'impiego*, Informatore Zootecnico, 2013. Pagine consultate: 44-51
https://static.tecnichenuove.it/informatorezootecnico/2015/01/I_foraggi_in_razione.pdf
(consultato in data 17/09/2024)

Getabalew M., Negash A., *Nitrogen Metabolism and Recycling in Ruminant Animals*, Researchgate, 2020. 29-31
https://www.researchgate.net/publication/346314366_Nitrogen_Metabolism_and_Recycling_in_Ruminant_Animals_A_Review

Giampaolo A., Trione S., Bianchi S., Borri I., Moino F., *La sostenibilità economica degli allevamenti di bovini da latte in italia, Quanto costa produrre un litro di latte*, RICA, 2021.
Pagine consultate: 59-61

Hutjens M. F., *Dairy Efficiency and Dry Matter Intake*, Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference March 9-11, 2005 Reno, NV. Pagine consultate: 71-76

Janssen P. H., Kirs M. *Structure of the archaeal community of the rumen*. Applied and Environmental Microbiology, 2008. 74: 3619-3625

Krehbiel C. R., *Applied nutrition of ruminants: Fermentation and digestive physiology*, The Professional Animal Scientist, 2014. 30: 129-139

Lapierre H., Lobley G.E., *Nitrogen Recycling in the Ruminant: A Review*, Journal of Dairy Science, 2001. 84: 230-232

Lattendibile, Giornale di nutrizione & informazione, *Le proteine del latte e gli altri nutrienti che ne fanno un alimento completo*.

<https://www.lattendibile.it/le-proteine-del-latte-e-gli-altri-nutrienti-che-ne-fanno-un-alimento-completo/> (consultato in data 06/09/2024)

Marchesini G., *L'alimentazione di precisione nell'allevamento delle bovine da latte*, Tecniche Nuove, 2021. <https://static.tecnichenuove.it/informatorezootecnico/2021/10/B-GIORGIO-MARCHESINI-precision-feeding-management-vacca-da-latte.pdf> (consultato in data 23/09/2024)

Mastroeni C., *Rotoballe fasciate ad alta densità: indicazioni pratiche e operative per migliorare la conservazione dei nostri foraggi*, Ruminantia, settembre 2023.

<https://www.ruminantia.it/rotoballe-fasciate-ad-alta-densita-indicazioni-pratiche-e-operative-per-migliorare-la-conservazione-dei-nostri-foraggi/> (consultato in data 18/09/2024)

Min B. R., Lee S., Jung H., Miller D., Chen R. *Enteric Methane Emissions and Animal Performance in Dairy and Beef Cattle Production: Strategies, Opportunities, and Impact of Reducing Emissions*, Animals, 2022. 12: 1-3

Niwińska B., *Digestion in Ruminants*, Chapter 11, Researchgate, 2014. In: Carbohydrates – Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology. (Editors: Chuan-Fa Chang) Capitolo 11: 245-253

https://www.researchgate.net/publication/256765768_Digestion_in_Ruminants (consultato in data 03/09/2024).

Noonan M., *L'importanza di mantenere fresco l'unifeed che si somministra*, Ruminantia, aprile 2022. <https://www.ruminantia.it/limportanza-di-mantenere-fresco-lunifeed-che-si-somministra/> (consultato in data 22/09/2024)

Oba M. e Allen M. S., *Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows*, Journal of Dairy Science, 1999. 3: 589-595

Pacchioli M. T., Immovilli A., Ruozzi F., Pancioli C., *L'importanza di analizzare i foraggi della razione*, L'Informatore Agrario, febbraio 2011. Pagine consultate: 61-63
https://www.crpa.it/media/documents/crpa_www/Settori/Foraggicol/Download/Archivio%202011/IA_2_11_p61.pdf (consultato in data 15/09/2024)

Padraig F. (2021) *Profitable milk production systems*, Irish Dayring, Delivering Sustainability, Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, 2021.
Pagine consultate: 29 – 34

Pèrez-Barberia F. J., *The Ruminant: Life History and Digestive Physiology of a Symbiotic Animal*, Researchgate, maggio 2020. 19-40.
https://www.researchgate.net/publication/341512824_The_Ruminant_Life_History_and_Digestive_Physiology_of_a_Symbiotic_Animal

Pulina G., Francesconi A. H. D., Stefanon B., Sevi A., Calamari L., Lacetera N., Dell'Orto V., Pilla F., Ajmone Marsan P., Marcello Mele, Rossi F., Bertoni G., Crovetto G. M., Ronchi B., *Sustainable ruminant production to help feed the planet*, Italian Journal of Animal Science, 2017. 16: 140-149

Quarantelli A., Rizzi N., Amodeo P., Righi F., *Le analisi per stimare la qualità di un foraggio*, L'Informatore Agrario, 2010. Pagine consultate: 16-18
https://www.aral.lom.it/wp-content/uploads/2020/04/20016_analisiPerQualita.pdf
(consultato in data 16/09/2021)

Rinaldi S., *Microbiota del rumine: biodiversità e potenziale applicativo*, Microbiologia Italia, 2018.
<https://www.microbiologiaitalia.it/batteriologia/il-microbiota-del-rumine-biodiversita-e-potenziale-applicativo/> (Consultato in data 03/09/2024)

Sangiovanni M., *Il metabolismo nei ruminanti*, Biopills, luglio 2019.
<https://www.biopills.net/il-metabolismo-nei-ruminanti/> (consultato in data 07/09/2024)

Sorley M., Casey I., Styles D., Merino P., Trindade H., Mulholland M., Zafra C.R., Keatinge R., Le Gall A., O'Brien D., Humphreys J. *Factors influencing the carbon footprint of milk production on dairy farms with different feeding strategies in western Europe*, Journal of Cleaner Production, 2024. 435: 7-9

Tabacco E., Borreani G., Comino L., Ferrero F., *Foraggi di qualità per l'azienda da latte*, Informatore Zootecnico, luglio 2022. Pagine consultate: 44-47

Tedesco D., *Le Proteine*, Corso di Valutazione Nutrizionale dei Mangimi, Lezione 5. http://amalteavete.unimi.it/docenti/tesesco/Lezioni/03_Proteine.htm (consultato in data 22/08/2024)

Vandoni S., Pirondini M., *Efficienza ruminale nei ruminanti – Ruolo della proteina degradabile*, Informazione.it <https://www.informazione.it/c/AE874079-7B48-40A2-B960-45EF41A1BAFF/Efficienza-ruminale-nei-ruminanti-Ruolo-della-proteina-degradabile> (consultato in data 06/09/2024)

Wangsness, Paul J., *Maximum Forage for Dairy Cows: Review*, Journal of Dairy Science. 64: 1-5

Zanini L., *Conta delle cellule somatiche: inizia così la lotta alla mastite*, L'Informatore Agrario, 2017. Pagine consultate: 15-18. <https://www.aral.lom.it/wp-content/uploads/2020/04/28015sup.pdf#:~:text=Conta%20delle%20cellule%20somatiche:%20inizia%20cos%C3%AC%20la%20lotta%20alla%20mastite> (consultato in data 22/09/2024)

7. RINGRAZIAMENTI

Innanzitutto, tengo molto a ringraziare il Professor Alberto Tamburini, per essere stato sempre disponibile durante la stesura dell'elaborato, per ciò che mi ha insegnato e per ciò che mi ha spinto a scoprire.

Voglio ringraziare Papà, per tutte le volte in cui, anche se lontano, mi ha fatto sentire come a casa e per tutti quei momenti in cui ho potuto contare su una telefonata per scambiare due chiacchiere tra amici. Voglio ringraziare Mamma, per avermi spinto ad andare sempre alla ricerca del miglioramento e del senso delle cose, attraverso il lavoro e la dedizione.

Un grazie di cuore a tutti i Nonni che attraverso il loro calore e affetto, sono stati una marcia in più per raggiungere i miei obiettivi.

Grazie a Voi per tutto il sostegno e l'importanza che avete dato a questo percorso. Sono certo che il vostro supporto non mancherà mai e questo mi aiuterà ad affrontare il futuro ancor più a viso aperto e senza timore.

... A Claudia che con il suo sorriso e la sua pazienza ha reso leggeri, divertenti e costruttivi questi anni, che in tanti momenti sono stati anche difficili. È stato davvero bello condividere questo percorso con te.

Ci tengo molto a ringraziare Michele e Matteo che, giorno dopo giorno, nel corso di questi tre anni, si sono rivelati dei veri amici con cui ho condiviso i momenti più belli, sereni e divertenti.

... un grande ringraziamento va anche a tutti coloro che hanno contribuito a rendere unico questo viaggio, vi voglio bene.

Un sentito grazie a Romina e Frank, che negli ultimi mesi di Università, mi hanno trasmesso i valori della gentilezza e del rispetto nella quotidianità del lavoro; avete arricchito il mio bagaglio e sono certo che questa esperienza sarà preziosa per il mio futuro.

Ve ne sarò sempre grato.