

# Mangimistica sostenibile

*A cura di*  
Giuseppe Pulina



1ª edizione: ottobre 2022



© Copyright 2022 by “Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media Srl.”, via Eritrea, 21 - 20157 Milano  
Redazione: p.zza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna Vendite: tel. 051 6575833; fax: 051 6575999  
email: libri.edagricole@newbusinessmedia.it - www.edagricole.it

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

*La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o tra-smessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norme di legge.*

5637

Realizzazione grafica: Exegi snc, Via Pelagio Palagi, 3/2 - 40138 Bologna  
Impianti e stampa: Centro Stampa Digitalprint S.r.l., Via A. Novella 15 - 47922 Rimini (RN)

Finito di stampare nell'ottobre 2022

ISBN-978-88-506-5637-0

# Gli Autori

**Alessandro Agazzi**

Dipartimento di Medicina Veterinaria e Scienze Animali, Università degli Studi di Milano

**Gianni Battacone**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Umberto Bernabucci**

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia

**Arianna Buccioni**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze

**Gabriele Canali**

Facoltà di Agraria, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

**Maria Francesca Caratzu**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Fabio Correddu**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Stefano Epifani**

Università La Sapienza Roma, Fondazione per la Sostenibilità Digitale, Roma

**Guido Invernizzi**

Dipartimento di Medicina Veterinaria e Scienze Animali, Università degli Studi di Milano

**Nicola Lacetera**

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia

**Emiliano Lasagna**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia

Gli Autori

**Mondina Francesca Lunesu**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Marcello Mele**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

**Maria Rita Mellino**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Anna Nudda**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Vera Perricone**

Dipartimento di Medicina Veterinaria e Scienze Animali, Università degli Studi di Milano

**Giacomo Pirlo**

Centro di ricerca Zootecnia e Acquacoltura del CREA, Lodi

**Giuseppe Pulina**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Luca Rapetti**

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia, Università degli Studi di Milano

**Salvatore Pier Giacomo Rassu**

Dipartimento di Agraria, Sezione di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Sassari

**Bruno Ronchi**

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia

**Giovanni Savoini**

Dipartimento di Medicina Veterinaria e Scienze Animali, Università degli Studi di Milano

**Andrea Serra**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

# Presentazione

Questo manuale nasce da una scommessa, quella di riportare la mangimistica al centro dell'attenzione del dibattito tecnico-scientifico nella difficile fase delle transizioni digitale ed ecologica. E nasce anche dalla consapevolezza che il percorso culturale e tecnologico necessario per raggiungere gli obiettivi delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile mette in gioco prima di tutto le persone che lavorano nelle filiere agro-alimentari. La Mignini&Petrini Academy, struttura di formazione tecnica dell'omonima industria mangimistica, si propone quale spazio aperto ai contributi scientifici del mondo accademico e della ricerca italiano e internazionale finalizzati al trasferimento delle tecnologie dell'alimentazione, dell'allevamento e della genetica applicata alle produzioni animali per renderle più efficienti, più sicure, meno impattanti e più etiche. Il manuale *Mangimistica Sostenibile*, che pubblichiamo con Edagricole quale prima opera dell'Academy grazie all'impegno del suo Presidente Mario Mignini, con il patrocinio di ASSALZOO, racchiude 15 contributi di approfondimento sui temi della sostenibilità ambientale, economica, informativa e digitale. Pur essendo rivolto prevalentemente ai tecnici mangimisti, il testo, per la varietà e attualità degli argomenti trattati, può trovare ampio spazio di consultazione fra gli agronomi e i veterinari, di approfondimento fra gli studenti delle materie zootecniche di agraria e veterinaria, di riferimento fra i tecnici delle pubbliche amministrazioni e, soprattutto, di guida fra gli allevatori che guardano al futuro della nostra zootecnia con impegno e fiducia. In questo senso, la Mignini&Petrini con la sua Academy, al pari dell'industria mangimistica nazionale rappresentata da ASSALZOO, propone un modello di sviluppo che vuole legare in modo virtuoso l'ambiente, la nutrizione, la filiera, i rapporti con il territorio e le relazioni con le persone che ogni giorno acquistano i prodotti mangimistici per la nutrizione e il benessere dei loro animali.

**Giuseppe Pulina**

# Introduzione alla mangimistica sostenibile

La sostenibilità ambientale, economica e sociale della mangimistica è da una decina di anni al centro dell'attenzione di Assalzo – Associazione Nazionale tra i Produttori di Alimenti Zootecnici – l'Associazione che riunisce le industrie che producono mangimi per animali da allevamento e non. Attenzione che ha portato, nel 2018, alla pubblicazione in collaborazione con ASPA di due Quaderni Assalzo sulla Sostenibilità ambientale (Stefanon *et al.*, 2018); libri che hanno trovato ampia diffusione nel mondo scientifico, tecnico e operativo delle produzioni animali.

Nel 2020 Assalzo ha pubblicato il primo Report Ambientale, un documento divulgativo per presentare, anche a chi si approccia per la prima volta al settore, i mangimi e tracciare gli elementi essenziali della sostenibilità delle industrie mangimistiche italiane e delle relative filiere. Per la prima volta è stata presentata la valutazione della *carbon footprint* (CFP) delle varie tipologie di mangimi distinte per filiera, mettendo in evidenza i temi legati agli impatti ambientali. L'analisi svolta dall'Associazione rivela che sulla CFP di 1 ton di mangime, la fase industriale trasporto compreso, incide soltanto per il 5%, rappresentato per 2/3 da consumi elettrici e per 1/5 dal calore, mentre il restante 95% è costituito dagli impatti relativi alle materie prime utilizzate.

Nello stesso anno FEFAC – Federazione europea dei produttori di mangimi composti – ha lanciato la “Carta FEFAC per la Sostenibilità dei mangimi 2030” (*Feed Sustainability Charter 2030*, Fefac, 2020) che individua cinque ambizioni del settore mangimistico per contribuire ad una più sostenibile produzione dell'allevamento e dell'acquacoltura.

Le cinque ambizioni su cui si sviluppano le azioni a livello europeo sono:

1. Contribuire alla produzione zootecnica e dell'acquacoltura ad impatto climatico neutro attraverso i mangimi;
2. Promuovere sistemi alimentari sostenibili attraverso un maggiore efficienza delle risorse e dei nutrienti;
3. Promuovere pratiche di approvvigionamento responsabili;
4. Contribuire a migliorare la salute e il benessere degli animali da allevamento;
5. Ottimizzare l'ambiente socio-economico e la resilienza dei settori dell'allevamento e dell'acquacoltura.

Nel 2021 FEFAC ha aggiornato le Linee Guida per l'approvvigionamento di soia, un importante documento di comparazione che permette una valutazione degli schemi privati per garantire livelli minimi comuni di sostenibilità. L'aggiornamento 2021 sottolinea l'importanza di considerare l'"esposizione al rischio di deforestazione" del settore dei mangimi animali quando si tratta di utilizzare la soia, invece di concentrarsi solo sulla "soia certificata esente da deforestazione". Secondo l'*IDH Soy Monitor 2019*, a fonte di una quota di soia certificata come esente da deforestazione pari al 25,3% della soia importata in UE; ben l'80,4% proveniva da aree a basso rischio di deforestazione.

Come evidenziato nel Rapporto Ambientale Assalzo gli impatti ambientali delle diverse filiere sono legati alla fase di alimentazione ed a quella di allevamento, l'incidenza delle due quote varia significativamente a seconda della filiera. La mangimistica gioca sicuramente un ruolo importante nella riduzione degli impatti ambientali, potendo impattare a diversi livelli tra cui, a titolo esemplificativo, fonti di approvvigionamento, valorizzazione dei co-prodotti di altri processi produttivi (economia circolare), alimentazione di precisione, utilizzo degli additivi, additivi innovativi che riducono le emissioni di gas clima-alteranti e fonti proteiche alternative.

La produttività delle filiere ha rappresentato negli anni la strada più importante per la riduzione degli impatti: infatti, il miglioramento dell'indice di conversione ha consentito, dal 1970 ad oggi, di ridurre la CFP relativa ai concentrati per kg proteina animale prodotta di 5 volte. Attualmente riveste grande potenzialità l'economia circolare che valorizzando sottoprodotti e co-prodotti dell'industria agroalimentare, e non solo, riduce l'impatto ambientale del mangime. Anche in questo ambito FEFAC (2019) ha predisposto un documento divulgativo per far comprendere a tutti l'importanza dell'industria mangimistica nel valorizzare sottoprodotti di altri processi produttivi.

La comunicazione *mainstream* individua nelle filiere zootecniche le maggiori responsabili delle emissioni clima-alteranti. Tuttavia, se si parte dai dati pubblicati dall'ISPRA (ISPRA, 2021), il contributo alle emissioni nazionali di gas climalteranti da parte dell'agricoltura nel 2019 è stato pari al 7,1% e che il settore zootecnico ha concorso soltanto per il 4,6%, è evidente che gli sforzi che possono essere messi in atto dalle varie filiere, soprattutto quelle bovine (le più impattanti), per quanto rilevanti influiranno in maniera marginale sulla riduzione complessiva delle emissioni. Tuttavia, anche l'impegno della zootecnia al raggiungimento dell'obiettivo "fit55%" al 2030 è importante, non fosse altro per smontare le fake news, come ampiamente illustrato nel capitolo 1 di questo manuale.

Questo manuale, promosso dalla Mignini&Petrini, azienda associata ad Assalzo nell'ambito della Mignini&Petrini Academy, rappresenta la continuità con il patrimonio tecnico-culturale già maturato dal sistema mangimistico europeo e italiano, costituendo un utile e aggiornato approfondimento per i tecnici alimentaristi, per gli studenti e per gli allevatori.

Formazione e sostenibilità sono due delle priorità di Assalzo che ha ritenuto utile promuovere la divulgazione del testo, auspicando che trovi non solo il gra-

dimento dei nostri associati e dell'intero mondo mangimistico e delle produzioni animali, ma anche e soprattutto che stimoli l'interesse uscire dall'ordinario e rivalutare i propri processi produttivi e *modus operandi*.

Roma, settembre 2022

**Silvio Ferrari e Lea Pallaroni**  
Presidente e Direttore Generale ASSALZOO

## Bibliografia

- Assalzo (2020) – *Report Ambientale 2020*. [https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/06/ASSALZOO\\_Report\\_Ambientale\\_2020.pdf](https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/06/ASSALZOO_Report_Ambientale_2020.pdf).
- Eurostat (2021) – [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for\\_area/default/line?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_area/default/line?lang=en).
- Fefac (2019) – *Campioni di efficienza delle risorse. Co-prodotti, una risorsa essenziale per l'alimentazione animale*. [https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/12/it2020\\_FEFAC\\_Sostenibilit%C3%A0\\_Co-prodotti\\_completo.pdf](https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/12/it2020_FEFAC_Sostenibilit%C3%A0_Co-prodotti_completo.pdf).
- Fefac (2020) – *Carta FEFAC per la sostenibilità dei mangimi 2030 per la Sostenibilità dei Mangimi*. [https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/12/eu2020\\_FEFAC\\_CHART-Sostenibilit%C3%A0-2030\\_it.pdf](https://www.assalzo.it/wp-content/uploads/2021/12/eu2020_FEFAC_CHART-Sostenibilit%C3%A0-2030_it.pdf).
- Fefac (2021) – *Soy sourcing guidelines 2021*. <https://fefac.eu/wp-content/uploads/2021/02/FEFAC-Soy-Sourcing-Guidelines-2021.pdf>.
- ISPRA (2021) – *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019*. National Inventory Report 2021. ISPRA, *Rapporti 341/21*, Roma. ISBN 978-88-448-1046-7.
- Stefanon B., Mele M., Pulina G. [Eds.] (2018) – *Allevamento Animale e Sostenibilità Ambientale. I principi*. Franco Angeli Editore, Milano. ISBN 978-88-917-6183-5.
- Stefanon B., Mele M., Pulina G. [Eds.] (2018) – *Allevamento Animale e Sostenibilità Ambientale. Le Tecnologie*. Franco Angeli Editore, Milano. ISBN 978-88-917-7146-9.



# Indice

<b>Gli Autori</b>	III
<b>Presentazione</b>	V
<b>Introduzione alla mangimistica sostenibile</b> <i>(Silvio Ferrari e Lea Pallaroni)</i>	VII
<b>1. Fake news e zootecnia: conoscerle, prevenirle e contrastarle</b> <i>(G. Pulina)</i>	1
1.1 Premessa	1
1.2 La catena del valore dell'informazione in ambito scientifico e tecnologico	1
1.3 Le Fake News	2
1.4 Misinformation e disinformation	6
1.5 Le Fake News in zootecnia	7
1.6 Che fare concretamente?	7
<b>2. Green Deal, Farm-to-Fork, nuova PAC e mercati: quale sostenibilità per l'industria mangimistica nel nuovo scenario?</b> <i>(G. Canali)</i>	11
2.1 <i>Green Deal, Farm to Fork</i> e nuova PAC: verso un nuovo modello di sostenibilità?	12
2.2 Le crisi internazionali e i mercati	14
2.2.1 Peste suina africana in Cina e Covid-19	14
2.2.2 La crisi di noli ed energia	16
2.2.3 L'invasione dell'Ucraina	17
2.3 Le ricadute sull'agro-alimentare e sulle politiche agricole	19
<b>3. Sostenibilità delle produzioni zootecniche. Il metano, generazione nella zootecnia e mitigazione secondo COP26</b> <i>(A. Buccioni)</i>	23
3.1 Introduzione	23
3.2 Il metano enterico	23
3.3 Strategie per la modulazione della metanogenesi	26
Bibliografia	27
	XI

## Indice

<b>4. Le metriche per la valutazione degli impatti climalteranti del metano</b> <i>(M.F. Lunesu, M.F. Caratzu, F. Correddu, A. Nudda, S.P.G. Rassa, G. Pulina)</i>	29
4.1 Introduzione	29
4.2 Quantificazione del metano enterico: metodi diretti e indiretti	29
4.2.1 Metodi diretti per la misurazione del metano	30
4.2.2 Metodi indiretti per la misurazione e stima del metano	30
4.3 La necessità di nuove metriche e sfide da affrontare per il futuro	34
4.4 Dalle emissioni al bilancio	35
Bibliografia	36
<b>5. L'impegno del settore mangimistico nel perseguire gli obiettivi della transizione ecologica</b> <i>(G. Savoini, A. Agazzi, G. Invernizzi, V. Perricone)</i>	41
5.1 <i>Feed Sustainability Charter 2030</i>	41
5.2 OGM	42
5.3 Additivi	42
5.3.1 Digeribilità nutrienti	43
5.3.2 Disponibilità microelementi	43
5.3.3 Indice di conversione alimentare	43
5.3.4 Caratteristiche qualitative dei prodotti di origine animale	44
5.3.5 Salute degli animali	44
5.3.6 Riduzione perdite durante la conservazione degli alimenti	44
5.3.7 Riduzione produzione di metano a livello ruminale	44
5.4 Alimenti alternativi	45
Bibliografia	45
<b>6. Digitalizzazione, transizione e trasformazione digitale: quali differenze?</b> <i>(S. Epifani)</i>	47
6.1 All'inizio era l'informatica	47
6.2 Digitalizzare vuol dire anche (ri)pensare	48
6.2.1 Cosa vuol dire applicare una logica di questo tipo al nostro sistema unifeed?	49
6.3 Ecosistemi (digitali) in transizione	50
6.4 Dalla digitalizzazione alla trasformazione digitale	52
<b>7. La <i>Livestock Precision Farming</i>, a che punto siamo</b> <i>(U. Bernabucci)</i>	55
7.1 Introduzione	55
7.2 Sensoristica: dispositivi collocati sugli animali	56

7.3 Sistemi digitali di gestione dell'allevamento	58
7.3.1 <i>Precision feeding</i>	58
7.3.2 <i>Precision milking</i>	61
7.4 Considerazioni	63
Bibliografia	63
<b>8. Efficienza degli allevamenti di bovini da latte: riflessi sulla sostenibilità ambientale ed economica (B. Ronchi)</b>	67
8.1 Importanza della efficienza tecnica	67
8.2 Sviluppo tecnologico e condizioni di mercato	68
8.3 Efficienza dei piani alimentari	69
8.4 Prospettive della intensificazione produttiva	71
Bibliografia	72
<b>9. Tecnologie per la valutazione e la mitigazione dell'impatto ambientale dei bovini da latte (L. Rapetti)</b>	75
9.1 Come valutare la produzione di metano enterico nei bovini da latte	75
9.2 Come valutare l'escrezione azotata nei bovini da latte	77
9.3 Come mitigare le emissioni di metano nei bovini da latte	79
9.4 Come mitigare l'impatto delle emissioni di N	80
Bibliografia	82
<b>10. Tecnologie per la valutazione e la mitigazione dell'impatto ambientale dei bovini da carne (G. Pirlo)</b>	85
10.1 Mitigazione dell'impatto ambientale nell'allevamento di bovini da carne	85
10.2 Stima delle emissioni di metano enterico	89
10.3 L'analisi del ciclo di vita applicato alla produzione di carne bovina (LCA)	89
10.4 Sviluppi futuri	92
Bibliografia	92
<b>11. Tecnologie per la valutazione e la mitigazione dell'impatto ambientale dei suini (G. Battacone, M.R. Mellino)</b>	95
11.1 Introduzione	95
11.2 L'efficienza alimentare fattore chiave della sostenibilità	96
11.2.1 Il ruolo dell'alimentazione sugli impatti climalteranti	96
11.2.2 La <i>Precision feeding</i>	97

## Indice

11.2.3 L'uso di ingredienti alimentari speciali	97
11.2.4 Le alternative alla soia	98
11.2.5 L'impiego di sottoprodotti e coprodotti	99
11.3 Gli altri fattori della produttività e l'impatto ambientale	99
11.3.1 La produttività delle scrofe	99
11.3.2 L'efficienza riproduttiva della scrofaia	100
11.3.3 Il miglioramento genetico per l'efficienza di conversione alimentare	100
11.4 Conclusioni	103
Bibliografia	103
<b>12. Tecnologie per la valutazione e la mitigazione dell'impatto ambientale degli avicoli (N. Lacetera)</b>	105
Bibliografia	110
Sitografia	112
<b>13. Il ruolo della mangimistica negli allevamenti. Cambiare il modo di lavorare nel sistema mangimistico. Perché e come (A. Serra)</b>	113
13.1 Le produzioni animali e la sfida dell'olobionte	113
13.2 La nuova-vecchia frontiera dell'alimentazione animale, gli amidi	114
13.3 Il ruolo delle proteine	116
13.4 La nutraceutica nella mangimistica	117
Bibliografia	118
<b>14. Come valutare una pubblicazione scientifica ai fini tecnici (M. Mele)</b>	121
14.1 Le riviste scientifiche	121
14.2 L'analisi di un articolo scientifico	124
<b>15. La qualità del dato e l'Exploratory Data Analysis nella pratica zootecnica (E. Lasagna)</b>	127
15.1 L'analisi preliminare dei dati	127
15.2 Le variabili e la loro rappresentazione	128
15.3 Stima dei principali parametri di inferenza statistica	130
Bibliografia e sitografia	131
<b>Appendice al capitolo 15</b>	133
Esempio di dataset predisposto in un foglio elettronico di Microsoft Excel®	133
Schermate esemplificative su Excel®	133

# 7. La Livestock Precision Farming, a che punto siamo

*Umberto Bernabucci*

## 7.1 Introduzione

Per parlare di *Precision Agriculture*, Agricoltura 4.0 e *Smart Agriculture*, non basta inserire le tecnologie all'interno delle aziende, infatti, come affermano Pierce e Novak (1999), la *Precision Agriculture* è un sistema che fornisce gli strumenti per fare la cosa giusta, al momento giusto e nel posto giusto.

Tutto ciò comporta una graduale rivisitazione del settore primario che vede alla base sicuramente le scienze agrarie, associate però ad altri ambiti come l'ingegneria, l'informatica, la biostatistica e l'economia (Jayaraman *et al.*, 2015).

Aspetti come l'automazione in ambito agro-zootecnico possono portare ad un benessere sociale, con alleviamento della fatica, aumento della sicurezza dell'allevatore, riduzione dei lavori ripetitivi in favore di una maggior precisione degli interventi, dei controlli e infine una miglior qualità generale della vita (Blasi e Pisante, 2015; Schillings *et al.*, 2021).

Come sta accadendo da tempo per l'agricoltura in generale, anche nella zootecnia si stanno diffondendo tecniche e tecnologie di controllo del processo produttivo, sino ad arrivare al controllo (su alimentazione, salute, prestazioni) dell'individuo anziché del gruppo di animali allevati.

Si sta sviluppando il settore definito *zootecnia di precisione* vale a dire un insieme di tecniche di controllo basate su un impiego intensivo e mirato dell'uso di *Internet of Things* (IoT) e di *Information and Communication Technologies* (ICT), a sua volta identificabile come *zootecnia digitale* (Abeni *et al.*, 2019; Bucci *et al.*, 2019).

La predisposizione a queste nuove tecniche di allevamento è applicata a tutte le specie allevate (van Erp-van der Kooij, 2021), ma è maggiormente riscontrata nelle aziende bovine da latte intensive ad alta produzione in cui è possibile riscontrare i maggiori benefici nella gestione di un numero elevato di capi. In questa tipologia di allevamento si effettuavano controlli periodici, anche settimanali o giornalieri su aspetti che spaziano da quello sanitario, al controllo delle materie prime destinate all'alimentazione, della razione nonché alla gestione degli

## 7. La *Livestock Precision Farming*, a che punto siamo

ambienti occupati dagli animali. Tuttavia, è da tenere ben presente che non basta inserire apparecchiature digitali per essere un'azienda 4.0, ma per esser tale è doveroso raggiungere una stabilità aziendale dal punto di vista strutturale e gestionale. Gli strumenti a supporto della zootecnia di precisione devono trovare un campo di applicazione ed esser di supporto alle decisioni aziendali. Per questo è necessario avere a disposizione strumentazione ad alta sensibilità e specificità e di converso ciò necessita la formazione di personale specializzato nell'uso delle tecnologie, nell'elaborazione e interpretazione dei dati (Abeni *et al.*, 2019).

Salute, benessere animale, qualità, sostenibilità, tracciabilità del prodotto sono gli aspetti che devono essere monitorati in una *Precision Livestock Farming*, cercando nel contempo di ridurre le perdite nell'ambiente e la manodopera.

Fare zootecnia di precisione a livello aziendale vuol dire essere disposti ad effettuare un investimento che non darà un aumento di reddito diretto e proporzionale all'investimento, ma è un processo che a monte prevede un esborso monetario che vedrà i suoi risultati nel tempo con la diminuzione dei costi di produzione (Abeni *et al.*, 2019). Non è di aiuto la frequente incompatibilità e incomunicabilità delle diverse strumentazioni, con conseguente rallentamento nella diffusione di queste tecnologie.

A livello commerciale sono disponibili tecnologie che permettono il controllo automatico dei sistemi di *cooling*, la robotizzazione di operazioni come la mungitura e l'alimentazione, così come il monitoraggio dei singoli animali per diversi aspetti, individuazione precoce di patologie, gestione dell'alimentazione, qualità del latte, stima del peso e dello stato nutrizionale, controllo della temperatura corporea, stima della composizione della carcassa, gestione degli incubatoi con conteggio automatico delle uova e loro identificazione (van Erp-van der Kooij, 2021).

### 7.2 Sensoristica: dispositivi collocati sugli animali

L'aumento delle informazioni relative al singolo animale è il principio fondamentale su cui si basa la zootecnia di precisione. Questo permette in successione di attuare una retroazione mirata al singolo soggetto. La digitalizzazione in zootecnia ha sviluppato interesse per l'aspetto della sensoristica inserita sull'animale (*wearable sensors*) al fine di poter identificare il singolo capo, ma anche per ottenere dati sulla attività e sulla variazione del comportamento del singolo individuo. Ciò è permesso anche dalla disponibilità di lettori (Fig. 7.1) di segnali, basati su onde elettromagnetiche per monitorare il comportamento degli animali, sempre più piccoli e meno invasivi (van Erp-van der Kooij, 2021).

Una prima informazione analizzata in zootecnia di precisione è stata la localizzazione e l'identificazione dei capi. Oggi sul mercato sono disponibili rilevatori di funzioni con sistemi attivometrici o accelerometrici come podometri, collari e marche auricolari o boli inseriti nel reticolo-rumina che permettono la misurazione di parametri clinici, della temperatura corporea, dell'attività ruminale e del comportamento alimentare (Barker *et al.*, 2018; Beauchemin, 2018; Ber-

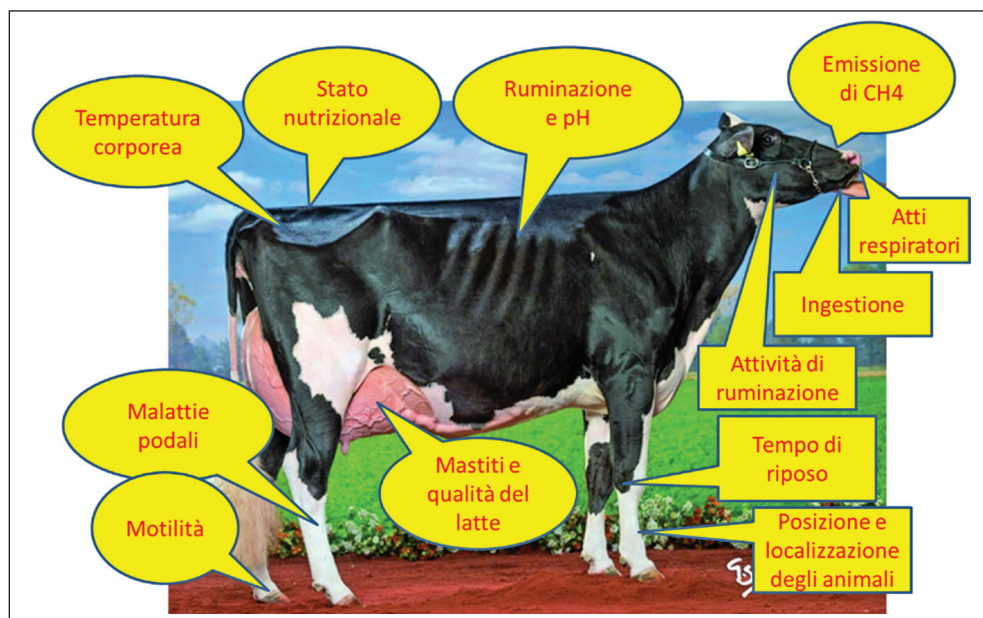


Figura 7.1 – Potenziale applicazione della sensoristica.

ckmans, 2017; Buller *et al.*, 2020; Caja *et al.*, 2016; Haladjian *et al.*, 2018; Kou *et al.*, 2017; Knight, 2020; Lees *et al.*, 2019; Mattacini *et al.*, 2016; Suresh, 2017; Vázquez Diosdado *et al.*, 2015; Zambelis *et al.*, 2019). Inoltre, si stanno evolvendo sempre di più sensori in grado di monitorare la frequenza respiratoria per la valutazione della risposta alle condizioni di stress da caldo (Bar *et al.*, 2019; Davison *et al.*, 2020; Islam *et al.*, 2020, 2021).

Oltre ai sensori posizionati su collo, orecchio o arti, sono disponibili boli inseriti nel reticolo-rumine. Tali dispositivi permettono di misurare la temperatura, il pH e l'estro (Roelofs e van der Pol-van Dasselaar, 2021).

L'efficienza riproduttiva della mandria è determinata da aspetti genetici, fisiologici, sanitari, nutrizionali, ambientali e soprattutto gestionali, come ad esempio la capacità di rilevazione dei calori e l'adeguatezza della tecnica di fecondazione artificiale, in grado di incidere, con un peso diverso da azienda ad azienda, sul tasso di concepimento. Quindi altrettanto importanti sono i sensori in grado di monitorare il ciclo estrale.

**L'individuazione delle bovine in calore** si basa sul riconoscimento di alcuni cambiamenti fisiologici e comportamentali tipici mostrati nel periodo che precede l'ovulazione (peri-estrale). Il più importante segno è il *ferma alla monta*, un segno caratteristico che ha però una durata molto limitata e la cui espressione può essere influenzata da fattori ambientali o genetici. L'aumento dell'attività motoria e la riduzione della ruminazione, che si osservano in corrispondenza del calore, possono essere misurati automaticamente sugli animali utilizzando dei

## 7. La Livestock Precision Farming, a che punto siamo

sensori, conosciuti come attivometri e ruminometri (Galon, 2010; Saint-Dizier e Chastant-Maillard, 2012). Le bovine, infatti, mostrano generalmente maggiore attività (irrequietezza e aumento del camminamento e dei movimenti) e minore ingestione e ruminazione rispetto al normale comportamento già nel periodo che precede il *ferma alla monta*. Negli ultimi anni gli accelerometri stanno sostituendo contapassi e ruminometri (microfoni sul collo del bovino per monitorare l'attività ruminale). I dati rilevati con gli accelerometri posizionati sul collo, sull'orecchio, sugli arti o in boli inseriti nel reticolo-ruminale (Knight, 2020; Roelofs e van der Pol-van Dasselaar, 2021) sono utilizzati per identificare l'aumento del livello di attività nelle bovine associato con il rilevamento dei calori. I dati sono, inoltre, paragonati con i dati rilevati nei 6 giorni precedenti, in modo da evidenziarne le variazioni (Holman *et al.*, 2011; Shahriar *et al.*, 2016; Valenza *et al.*, 2012).

**L'evoluzione dei sensori.** Attualmente, queste tecnologie innovative vengono progressivamente promosse all'allevamento, il che dovrebbe diventare una delle soluzioni più efficaci per la zootecnia di precisione. A tal proposito recentemente Zhang *et al.* (2021) in una interessante *review* riportano una rassegna di soluzioni tecniche innovative nel campo della sensoristica collocata sull'animale con sensori biologici, chimici e fisici inseriti sulla pelle, transdermici o sottocutanei che permettono il rilievo di parametri metabolici, pH, temperatura corporea e frequenza cardiaca.

## 7.3 Sistemi digitali di gestione dell'allevamento

### 7.3.1 Precision feeding

Il controllo ed una conoscenza più dettagliata dell'alimentazione sono un aspetto essenziale, considerando che, per gli allevamenti di bovini da latte, esse rappresentano più della metà dei costi di produzione. Uno dei parametri di efficienza generalmente utilizzati in pratica dall'allevatore e dal suo consulente zootecnico è rappresentato dall'efficienza di conversione dell'alimento in latte (Britt *et al.*, 2003), oggi elemento importantissimo considerato che il rapporto tra il prezzo del latte alla stalla (dati Lombardia) e il costo dell'alimento simulato è passato da 1,80 (ottobre 2019) a 1,14 (febbraio 2022) (<https://teseo.clal.it>). Pertanto, risulta importante evitare errori sia nella formulazione sia nella distribuzione della razione, poiché possono comportare inefficienza del processo digestivo, perdite quanti-qualitative delle produzioni, riduzione delle prestazioni riproduttive, aumento dei costi di produzione, maggiori sprechi e impatto ambientale, problemi di salute e benessere degli animali e, inoltre, un maggior utilizzo di farmaci. Come tecnologia innovativa, utilizzata nell'azienda agricola in un sistema di zootecnia di precisione a supporto della gestione aziendale, sta ottenendo sempre più successo la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS). La NIRS può essere utilizzata per progettare, analizzare e controllare i processi/prodotti di produzione sulla base di misurazioni continue nel tempo degli attributi critici di qualità e



prestazioni delle materie prime per garantire una qualità accettabile del prodotto finale. In questa prospettiva, la NIRS può essere definita come una tecnologia analitica di processo/prodotto innovativa, che può influenzare positivamente il *processo di produzione* migliorando le prestazioni dell'azienda agricola e quindi il benessere e il reddito degli agricoltori.

In azienda, gli strumenti portatili NIRS possono essere utilizzati direttamente sulle matrici da analizzare, in modalità *on-line* e *on-live*, consentendo:

- di ottenere informazioni in tempo reale evitando i lunghi tempi di attesa per le risposte delle analisi di laboratorio,
- un tempestivo intervento di prevenzione e/o correzione, ed inoltre permettere l'esecuzione di innumerevoli analisi di autocontrollo.

Attualmente la tecnologia NIRS, in azienda, permette di realizzare (Fig. 7.2):

1. analisi della composizione chimica delle materie prime sia in campo sia in fase di carico nel carro *unifeed*;
2. analisi dei costituenti chimico-fisici della razione *unifeed*;
3. analisi degli indici di valutazione dell'*unifeed* (omogeneità e selezione);
4. analisi della composizione chimica di feci, liquami e letame;
5. analisi *on-line* della qualità del latte (totale e individuale) in sala di mungitura.

L'applicazione della tecnica NIRS per l'analisi degli alimenti in stalla deve essere studiata e ulteriormente approfondita. Attualmente può fornire una prima indicazione in tempo reale sulla composizione degli alimenti favorendo un primo intervento da parte dell'allevatore (Fig. 7.3).

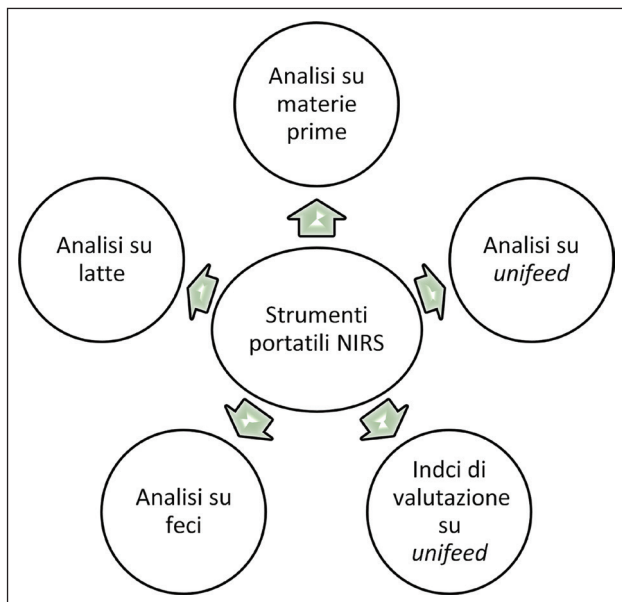


Figura 7.2 – Utilizzo di strumenti NIR portatili in azienda (Evangelista et al., 2021).

## 7. La Livestock Precision Farming, a che punto siamo

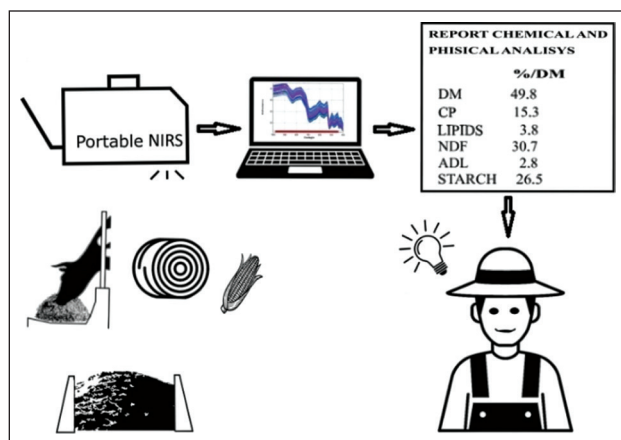


Figura 7.3 – L'uso di uno strumento NIRS portatile, da parte di un allevatore in azienda, può migliorare la gestione aziendale e favorire la Precision Feeding (Evangelista et al., 2021).

Attualmente la produzione e diffusione di strumenti portatili sono aumentate. Ad oggi, almeno cinque aziende nel mondo producono spettrofotometri portatili progettati per l'analisi di alimenti per animali, direttamente in azienda (Tab. 7.1; Evangelista et al., 2021).

**Controllo dei foraggi.** Dalla raccolta all'inserimento nella razione *unifeed*. La riduzione dei costi da un lato e il miglioramento delle curve di calibrazione necessarie a fornire i risultati dall'altro, hanno reso possibile realizzare sistemi di analisi che vengono installati sui carri *unifeed*. Il sistema NIR è ormai decisamente affidabile per quanto concerne la stima delle componenti organiche (lipidi, carboidrati, proteine) degli alimenti, ma non per la componente inorganica.

Tabella 7.1 – Elenco dei principali spettrofotometri portatili e relative caratteristiche attualmente disponibili, adattato da Cherney e Cherney (2019), con il permesso di PRO-DAIRY, 2021.

Nome	Ditta costruttrice	Origine	Range lunghezza d'onda (nm)	Tipo di scansione	Durata della Scansione (Secondi)	N. di Scansione/Campione
AURORA	GRAINIT	Italia	950-1650	Strisciata su campione	2-5	4
NIR4	AuNIR/AB Vista	Inghilterra	950-1750	Strisciata su campione	20	5
poliSPEC	ITPhotonics	Italia	900-1700	Strisciata su campione	5	1 o più
SCiO	VeriFood LTD	Israele	740-1070	Stazionaria	5	5 o più
X-NIR	Dinamica-Generale	Italia	950-1800	Stazionaria	7	7 o più

### 7.3 Sistemi digitali di gestione dell'allevamento

Preparazione dell'*unifeed*. Le informazioni che possiamo avere da un sistema informatizzato di controllo della preparazione e distribuzione degli alimenti in una stalla di bovine da latte (Trillo *et al.*, 2016) sono riferibili a:

- la deviazione dal peso previsto della miscelata caricata dal carro *unifeed*;
- la deviazione dal peso previsto di ciascun ingrediente caricato dal carro *unifeed*;
- la deviazione totale degli ingredienti che non sono stati caricati nella misura prevista;
- la bontà della preparazione del carro attraverso la valutazione dell'indice di omogeneità e di selezione (Evangelista *et al.*, 2021).

Dalla gestione di queste informazioni entro un sistema di controllo di qualità, è possibile comprendere l'eventuale deviazione delle prestazioni della mandria rispetto a quelle attese e la presenza di possibili inefficienze nel sistema di preparazione dell'alimentazione quotidiana delle bovine (Piccioli-Cappelli *et al.*, 2019).

**Stima della digeribilità della dieta da NIRS.** L'uso del NIRS per ottenere informazioni sulla digeribilità della dieta è un argomento relativamente recente. Poiché il NIRS si è dimostrato un valido metodo predittivo della composizione chimico/fisica degli alimenti e della composizione delle feci, è stato utilizzato nella stima della digeribilità delle diete somministrate ai ruminanti. Il successo dell'utilizzo del NIRS per prevedere la digeribilità della dieta si basa sul principio che le feci contengono buone informazioni spettrali che consentono di descrivere la composizione della dieta ingerita, nonostante siano influenzate dal processo digestivo. Diversi studi hanno dimostrato che la tecnica NIRS può essere utilizzata per prevedere la composizione chimica delle feci (Jancewicz *et al.*, 2017), di uNDF240 (Brognia *et al.*, 2018), la digeribilità della sostanza secca e la digeribilità della sostanza organica (Mehtiö *et al.*, 2016; Nyholm *et al.*, 2009).

#### 7.3.2 Precision milking

Conoscere la produzione individuale di latte di ogni bovina consente una corretta gestione alimentare (ad esempio, collocandola nel gruppo di produzione in cui vi è la dieta più idonea alle sue prestazioni o fornendo un supplemento di alimento mediante sistemi automatici individuali) e consente allo stesso tempo di valutare un importante indice che è l'efficienza di trasformazione dell'alimento in latte. Meno diffusi oggi sono i sistemi di analisi dei macro-componenti del latte, così come i sistemi in grado di quantificare singoli metaboliti (ad esempio, urea e beta-idrossi-butirrato) che possono fornire indicazioni sullo stato nutrizionale dell'animale consentendo di intervenire in tempi brevi a correggere la composizione della dieta.

I sistemi di mungitura automatizzati, ossia i robot di mungitura, permettono di controllare l'animale più volte al giorno in termini non solo di produzione quantitativa del latte, e dei parametri metabolici, ma anche per il rilevamento del

## 7. La *Livestock Precision Farming*, a che punto siamo

*body condition score* in automatico e della termografia della mammella indice di potenziale presenza di stato infiammatorio (Colak *et al.*, 2008; Machado *et al.*, 2021; Polat *et al.*, 2010).

La conoscenza dei costituenti del latte fornisce utili *feedback* per monitorare e gestire al meglio l'alimentazione. Il rapporto tra grassi e proteine è in generale un indicatore sensibile dello stato metabolico degli animali. Un rapporto grasso-proteine compreso tra 1,2 e 1,4 è ottimale ed implica un bilancio energetico positivo (Brandt *et al.*, 2010), un rapporto grasso/proteine > 1,4 (Schcolnik, 2016) o 2,0 (Toni *et al.*, 2011) è stato descritto rispettivamente come indice di bilancio energetico negativo o chetosi subclinica.

La conoscenza del quantitativo di proteine e di urea fornisce indicazioni sull'equilibrio tra l'apporto energetico e la concentrazione di proteine nella dieta (Melfsen *et al.*, 2012). Un bilancio azotato non uniforme nell'allevamento, causato da livelli eccessivi di proteine nella dieta, può essere espresso in un'alta concentrazione di urea nel latte, la quale può variare da 18,0 a 39,0 mg/dl (Gustafsson e Palmquist, 1993).

I sistemi per la rilevazione di problemi mammari si stanno diffondendo. Il numero di cellule somatiche (Dalen *et al.*, 2019) oltre ad altri parametri quali la conducibilità elettrica e l'attività dell'enzima lattico deidrogenasi permettono di avere informazioni sulla salute e funzionalità della ghiandola mammaria oltre che sulla qualità tecnologica del latte (Roelofs e van der Pol-van Dasselaar, 2021). Un indice cruciale per diagnosticare la presenza di bilancio energetico negativo nelle vacche da latte è la concentrazione dei corpi chetonici nel latte. Enjalbert *et al.* (2001) hanno suggerito che l'individuazione di chetosi subclinica è molto più facile nel latte che nel sangue, e hanno anche dimostrato alti coefficienti di correlazione di acetone tra sangue e latte ( $r = 0,96$ ). La determinazione dei corpi chetonici in un sistema in linea in sala di mungitura, e l'inclusione delle caratteristiche della bovina quali condizione corporea, giorno di lattazione, livello di produzione di latte, consentirebbe di aumentare l'accuratezza nella previsione del rischio di iperchetonemia per singola vacca e ottimizzare l'alimentazione riducendo così il rischio a livello di mandria.

L'analisi spettroscopica del latte in sala di mungitura è un valido mezzo per migliorare la gestione dell'allevamento bovino da latte, conoscere in tempo reale la composizione chimica del latte permette (Evangelista *et al.*, 2021):

1. di monitorare la qualità chimico-bromatologica e tecnologica del latte da destinare al consumo umano o alla trasformazione / caseificazione;
2. il monitoraggio e controllo per prevenire le frodi alimentari sul latte;
3. il monitoraggio dello stato riproduttivo (determinazione del progesterone in singoli animali);
4. il monitoraggio dello stato di salute e fisiologico (a livello di mandria o per singoli animali);
5. di predisporre miglioramenti genetici per tratti di interesse;
6. di ridurre i costi sostenuti per le analisi periodiche del latte.

## 7.4 Considerazioni

Indubbiamente siamo di fronte ad un settore nuovo quando parliamo di zootecnia di precisione, sia per l'allevatore che per i tecnici, dunque è fondamentale che le aziende, i loro operatori e i tecnici collaborino per far sì che l'utilizzo dei dispositivi possa apportare veramente dei vantaggi.

Per ottenere dei benefici dalle tecnologie, oltre ad utilizzarle in modo corretto, serve saper leggere e interpretare i dati e le informazioni ottenibili. Allo stesso tempo sarebbe utile, ma non di facile soluzione, che le aziende produttrici fornissero tecnologie che permettano di scambiare le informazioni.

I limiti alla diffusione di queste tecnologie nell'ambito delle aziende agricole includono il costo dell'investimento e il difficile ammortamento, soprattutto nelle piccole e medie aziende; quindi, uno sforzo deve essere fatto verso la produzione di sensoristica e strumentazione a basso costo. Inoltre, l'età media avanzata degli allevatori e il basso tasso di digitalizzazione nel settore agricolo rispetto ad altri settori è un fattore di limitazione. Pertanto, l'assistenza all'allevatore è essenziale per il corretto utilizzo di queste nuove tecnologie e sarà importante per aumentarne l'uso in azienda. Infine, la indiscussa utilità delle strumentazioni digitali non devono escludere l'esperienza dell'allevatore e le buone pratiche agricole e di allevamento.

## Bibliografia

- Abeni F., Petrera F., Galli A. (2019) – A survey of Italian dairy farmers' propensity for precision livestock farming tools. *Animals*, 9, 202.
- Bar D., Kaim M., Flamenbaum I., Hanochi B., Toaff-Rosenstein R.L. (2019) – Technical note: Accelerometer-based recording of heavy breathing in lactating and dry cows as an automated measure of heat load. *J. Dairy Sci.*, 102, 3480-3486.
- Barker Z.E., Vázquez Diosdado J.A., Codling E.A., Bell N.J., Hodges H.R., Croft D.P., Amory J.R. (2018) – Use of novel sensors combining local positioning and acceleration to measure feeding behavior differences associated with lameness in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 101, 6310-6321.
- Britt J.S., Thomas R.C., Speer N.C., Hall M.B. (2003) – Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *J. Dairy Sci.*, 86, 3796-3801.
- Beauchemin K.A. (2018) – Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101, 4762-4784.
- Berckmans D. (2017) – General introduction to precision livestock farming. *Anim. Front.* 7, 6-11.
- Brogna N., Palmonari A., Canestrari G., Mammi L., Dal Prà A., Formigoni A. (2018) – Technical note: Near infrared reflectance spectroscopy to predict fecal indigestible neutral detergent fiber for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101, 1234-1239.
- Blasi G., Pisante M. (2015) – *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*. file:///C:/Users/Utente/Downloads/Linee\_Guida\_Agricoltura\_di\_precision.pdf
- Bucci G., Bentivoglio D., Finco A. (2019) – Factors affecting ICT adoption in agriculture: A case study in Italy. *Calitatea*, 20, 122-129.

