

# SOSTENIBILITÀ, PRODUTTIVITÀ E BENESSERE DELLE BOVINE DA LATTE: IL RUOLO DELLA TECNOLOGIA

Negli allevamenti da latte italiani è in corso una modernizzazione con l'introduzione di sensoristica e sistemi automatici per la gestione del bestiame

**Maddalena Zucali, Giulia Gislon, Sara Mondini, Anna Sandrucci**  
Istituto Sperimentale Italiano  
Dipartimento di Scienze agrarie  
e ambientali dell'Università  
degli Studi di Milano

**N**egli ultimi anni gli allevatori si sono trovati a gestire aziende sempre più produttive, grazie al miglioramento del livello genetico degli animali allevati e delle tecniche di alimentazione e di allevamento, ma anche caratterizzate da dimensioni crescenti. Oltre a focalizzarsi sugli aspetti produttivi, gli allevatori sono, giustamente, chiamati a prestare attenzione ai fattori legati al benessere degli animali e alla sostenibilità ambientale per rispondere alle esigenze normative e alle richieste della società in merito alla sostenibilità delle attività zootecniche. Per affrontare questa sfida e promuovere la sostenibilità in un sistema produttivo che risponda a queste esigenze, diventa fondamentale implementare non solo un elevato livello di organizzazione e una significativa efficienza nei processi, ma anche metodologie di gestione innovative rispetto a quelle tradizionali.

I sistemi produttivi delle aziende da latte moderne hanno già raggiunto una migliore efficienza produttiva e un maggior rispetto per l'ambiente rispetto al passato. Come dimostrato da Capper et al. (2009; 2020), dal dopoguerra ad oggi l'aumento delle produzioni per capo è andato di pari passo con la riduzione dell'impatto ambientale per kg di latte. Tuttavia, vi è ancora ampio spazio di miglioramento. Attraverso l'ottimizzazione della gestione dei reflui zootecnici, la razionalizzazione dei processi produttivi e l'incremento della qualità delle razioni e delle prestazioni degli animali, tramite il miglioramento del loro stato sanitario, la riduzione della mortalità e l'aumento della longevità, è possibile conseguire una significativa diminuzione delle emissioni di gas serra nell'ambito degli allevamenti da latte, stimata tra il 14% e il 17% (Gerber et al., 2013).

Nella pagina a fianco un sistema automatizzato di mungitura



## LA ZOOTECNIA DI PRECISIONE DIFFUSIONE ANCORA LIMITATA

Un supporto fondamentale per raggiungere tutti questi obiettivi è offerto dalla tecnologia. L'allevamento di precisione (Precision livestock farming - Plf), ossia l'impiego in stalla di sistemi tecnologici per il monitoraggio degli animali, ma anche per l'automazione di alcune operazioni, può rendere le aziende zootecniche più sostenibili sotto diversi aspetti: economico, sociale e ambientale. Grazie alla zootecnia di precisione, gli allevatori possono garantire un buono stato di salute e benessere agli animali, ottenendo prestazioni produttive e riproduttive di alto livello e riducendo l'impatto ambientale per unità di prodotto (Tullo et al., 2019). Attraverso l'implementazione di vari sensori, è possibile infatti monitorare costantemente il benessere e la salute degli animali e interve-

nire dove necessario, migliorando l'efficienza, riducendo la mortalità e i periodi improduttivi, minimizzando l'utilizzo delle risorse come alimenti, medicinali ed energia, e massimizzando al contempo la produzione. I sistemi di automazione possono inoltre dare un supporto agli operatori nello svolgimento delle attività più pesanti e routinarie con riflessi positivi sia in termini di impiego di manodopera che di miglioramento della qualità della vita. Negli ultimi anni, negli allevamenti da latte italiani si sta verificando un'ampia modernizzazione con l'introduzione di sensoristica e sistemi automatici per la gestione del bestiame. Gli incentivi economici, nazionali e comunitari, come ad esempio quelli previsti dal piano Agricoltura 4.0, hanno contribuito alla diffusione della tecnologia, specialmente nei settori zootecnici legati alla produzione del latte. Tuttavia, nonostante questi progressi, la predi-

sposizione di molti allevatori verso l'adozione di nuove tecnologie rimane ancora limitata, influenzata da vari fattori tra cui considerazioni economiche e sociali, oltre ad aspetti legati alla disponibilità di adeguate infrastrutture in alcune aree rurali (ad esempio, la copertura e velocità di rete internet e telefonica). Secondo un'indagine condotta dall'Istat riferita al 2020, il 38,5% delle aziende zootecniche ha una gestione informatizzata dell'allevamento, un notevole aumento rispetto al 6,6% registrato nel Censimento generale dell'agricoltura del 2010.

## LE STALLE DI PIÙ GRANDI E DEL NORD-ITALIA IMPIEGANO PIÙ TECNOLOGIA

Tuttavia, i dati Istat sottolineano che le realtà aziendali non sono omogenee in termini di adozione della tecnologia. In particolare, le aziende di maggiori dimensioni, con più

di 5 addetti, presentano una percentuale di connessione in rete dell'82,6%, mentre nelle aziende con un solo addetto tale percentuale scende al 39%.

La disponibilità di infrastrutture sul territorio mostra una correlazione con la diffusione della tecnologia: le connessioni veloci sono più diffuse nelle aziende del Nord-ovest dell'Italia (63,1%) e del Nord-est (61,4%), aree in cui sono anche più diffusi i sistemi di precisione in stalla (52,1% e 40,8%, rispettivamente).

Al contrario, nel Sud-Italia e nelle isole, la banda larga è presente solo nel 34% delle aziende, con solo il 30% degli allevamenti che ha investito in sistemi di precisione. Anche l'età degli allevatori ha una notevole importanza nell'influencare gli investimenti in tecnologia: in uno studio effettuato su aziende lombarde da latte (Bianchi et al., 2022) è stato evidenziato che gli allevatori più giovani, di età inferiore ai 40 anni, investono maggiormente nella tecnologia in stalla rispetto a quelli di maggiore età.

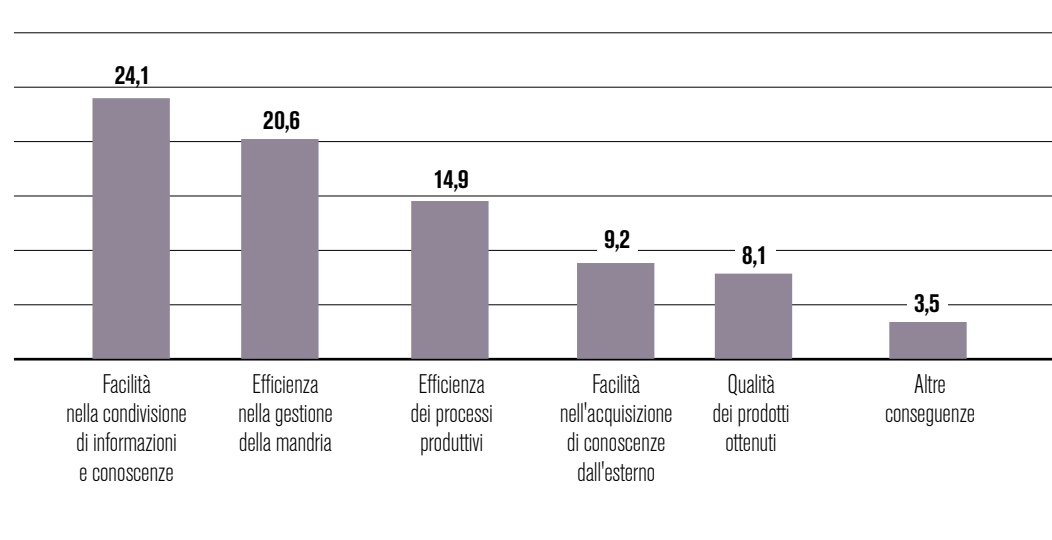
Secondo gli allevatori intervistati nell'ambito dell'indagine Istat l'adozione della tecnologia in azienda comporta diversi vantaggi. In cima alla lista di benefici figurano la facilità di condividere informazioni e conoscenze, seguita dalla possibilità di migliorare l'efficienza nella gestione della mandria e l'efficienza del processo produttivo (Figura 1).

### I FILONI NELLA RICERCA D NUOVE TECNOLOGIE IN ALLEVAMENTO

Nell'ambito degli allevamenti da latte, sono disponibili già a livello commerciale diverse tipologie di strumenti tecnologici che si concentrano su vari aspetti chiave dell'allevamento. Questi ambiti includono:

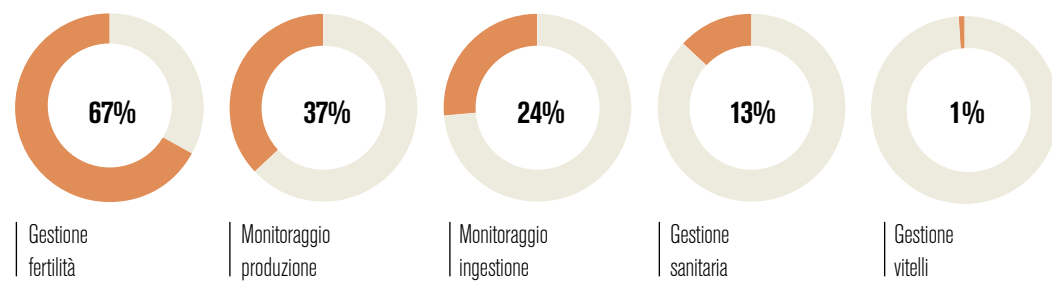
- il monitoraggio della produzione lattea e dei flussi;
- la valutazione della qualità del latte e del rischio di mastite;
- la misurazione dell'attività motoria degli animali, per l'individuazione degli estri e il monitoraggio del comportamento;
- la misurazione dell'attività alimentare;
- la stima della qualità della razione alimentare;
- la valutazione dell'accrescimento e dello stato di ingrassamento degli animali;
- la mungitura automatizzata;
- l'alimentazione automatizzata;

**FIGURA 1** - Principali vantaggi derivanti dal processo di digitalizzazione e dall'uso di strumenti di precisione nelle aziende zootecniche. Percentuale di risposte (Fonte: ISTAT, 2021)

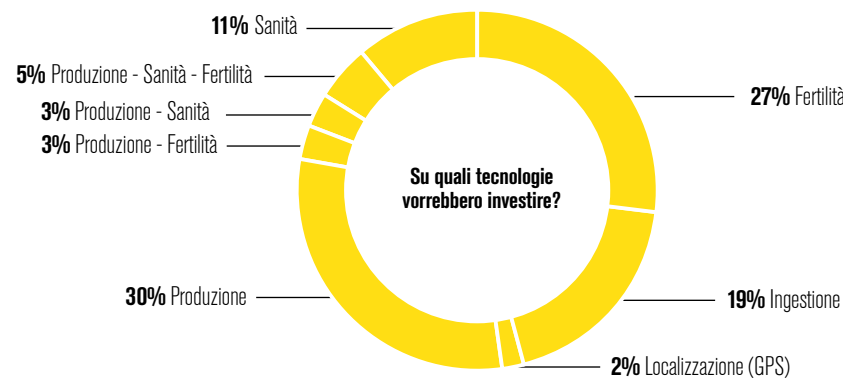


**FIGURA 2** - Utilità delle tecnologie secondo gli allevatori intervistati (Bianchi et al., 2022)

SECONDO GLI ALLEVATORI, LE TECNOLOGIE SONO UTILI PER:  
In arancione le percentuali di allevatori intervistati che hanno segnalato una certa categoria.



**FIGURA 3** - Previsione di investimenti in ambito tecnologico (Bianchi et al., 2022)



- il monitoraggio delle condizioni ambientali in stalla (temperatura, umidità ecc.). L'adozione di tali strumenti tecnologici, se utilizzata efficacemente, può generare notevoli vantaggi in termini di produzione, salute e benessere animale, oltre a contribuire a ridurre l'impatto ambientale della produzione del latte.

### L'INNOVAZIONE NELLA PRODUZIONE DI LATTE

Alcuni studi mostrano che gli allevatori tendono a privilegiare l'adozione delle tecnologie per il monitoraggio della produzione di latte (Abeni et al., 2019). Questo tipo di tecnologia utilizza sensori, direttamente applicabili in sala di mungitura, per la registrazione dei parametri produttivi a livello individuale. Nel caso dei robot di mungitura la registrazione di alcune di queste variabili avviene anche a livello di quarto mammario. Questi strumenti, singolarmente o abbinati a sensori per la misura della conducibilità elettrica e di altre caratteristiche del latte, possono fornire anche preziose informazioni sulla salute della mammella o dei quarti e sul rischio di mastite (Tamburini et al., 2010). Disporre di indicatori per il rischio di insorgenza di infezioni mammarie può consentire agli allevatori di intervenire tempestivamente, prevenendo perdite di produzione e forme croniche, che spesso comportano la necessità di eliminare precocemente gli animali.

### L'AVANZAMENTO TECNOLOGICO SULLA FERTILITÀ IL PIÙ RICERCATO

La gestione della fertilità degli animali attraverso l'utilizzo di attivometri, podometri o bioindicatori nel latte, come il progesterone, è un altro ambito di grande interesse per gli allevatori. La capacità di migliorare l'efficienza riproduttiva, facilitando la rilevazione dei calori, è cruciale per garantire la sostenibilità economica di un allevamento.

Un recente studio condotto su aziende lombarde da latte (Bianchi et al., 2022) ha evidenziato che la gestione della fertilità sia considerata dagli allevatori l'ambito in cui la tecnologia è giudicata più utile, rappresentando al contempo uno dei settori principali in cui si prevedono nuovi investimenti (Figure 2 e 3). Tuttavia, la gestione della tecnologia negli allevamenti non è sempre agevole. Uno dei

**FIGURA 4** - Principali pro e contro segnalati dagli allevatori rispetto agli investimenti in tecnologia (Bianchi et al., 2022)



principali problemi risiede nella scarsa interoperabilità tra i vari sistemi, il che si traduce in informazioni frammentate su diverse piattaforme e software. L'eterogeneità dei sistemi impedisce un flusso di informazioni fluido e integrato, rendendo la gestione della tecnologia complessa e onerosa in termini di tempo e risorse e rendendo difficile l'interpretazione dei dati, come evidenziato da Bianchi et al. (2022; Figura 4).

Inoltre, interfacciarsi con diversi software può richiedere una curva di apprendimento considerevole, con la conseguenza che gli allevatori possono percepire l'uso della tecnologia come un onere aggiuntivo piuttosto che come un miglioramento operativo. Questi ostacoli rappresentano sfide significative che devono essere affrontate per promuovere una gestione più agevole e un utilizzo ottimale delle tecnologie negli allevamenti (Bianchi et al., 2022).

### IL ROBOT DI MUNGITURA, UNA FONTE DI INFORMAZIONI UTILI

Una delle tecnologie che sta rapidamente guadagnando popolarità è il robot di mungitura, che consente una mungitura automatizzata e autonoma degli animali. I primi sistemi di mungitura automatizzata sono stati sviluppati nei primi anni '90 del secolo scorso,

ma è solo negli anni 2000 che hanno iniziato a diffondersi maggiormente, soprattutto nelle regioni del Nord Europa.

Nel 2010, circa 10mila aziende zootecniche in tutto il mondo impiegavano sistemi di mungitura automatica.

Negli ultimi anni in Italia si è registrato un notevole incremento della diffusione di sistemi di mungitura automatica: secondo i dati forniti dall'Aia (Associazione italiana allevatori) e riferiti a stalle sotto controllo funzionale, si è passati da 1209 unità robotizzate nel 2022 a 1360 nel 2023, con un aumento pari all'11% in un solo anno.





Nel resto del mondo la tendenza è ancora più evidente, e si stima che oggi siano installati oltre 50mila robot di mungitura (Biffani, 2023).

Numerosi sono gli aspetti tecnici, strutturali e gestionali che devono essere considerati quando si intraprende un investimento di questa portata, poiché esso rivoluziona completamente la vita delle bovine e degli allevatori e la gestione della stalla.

Il robot di mungitura costituisce un prezioso alleato per l'allevatore, consentendogli di liberarsi dagli onerosi vincoli associati alla mungitura in sala.

Oltre a questo vantaggio, uno dei benefici maggiori della mungitura automatica deriva

**FIGURA 5** - Schema di valutazione del Locomotion score (modificato da Zinpro, [www.zinpro.com/wp-content/uploads/2023/06/Dairy\\_Cattle\\_Locomotion\\_Scoring\\_Treatment-1.pdf](http://www.zinpro.com/wp-content/uploads/2023/06/Dairy_Cattle_Locomotion_Scoring_Treatment-1.pdf))

	<b>1 Normale</b> Sia quando è in stazione sui quattro arti che quando cammina la linea dorsale è diritta. I passi sono lunghi e sicuri
	<b>2 Leggermente zoppo</b> La linea dorsale si presenta diritta in stazione mentre si incurva durante la camminata. L'andatura è lievemente alterata.
	<b>3 Moderatamente zoppa</b> La linea dorsale si presenta incurvata sia in stazione che in movimento. Il passo risulta accorciato almeno su un arto. Può notarsi in lieve abbassamento del pastorale nell'arto opposto a quello dolorante.
	<b>4 Zoppa</b> La linea dorsale si presenta arcuata sia in stazione che in movimento. L'animale tende a favorire uno o più arti ma comunque è ancora in grado di caricare peso su tutti e quattro gli arti. L'abbassamento del pastorale nell'arto opposto a quello dolorante è evidente.
	<b>5 Gravemente zoppa</b> La linea dorsale si presenta fortemente arcuata. L'animale si muove malvolentieri evitando quasi completamente di caricare peso sull'arto dolorante.

dalla possibilità di raccogliere una vasta quantità di dati individuali sulla mungitura degli animali, i quali, se opportunamente analizzati e interpretati, consentono all'allevatore di prendere decisioni in modo informato.

Inoltre, considerando che un singolo robot di mungitura può mungere fino a 60-70 animali, può essere conveniente equipaggiarlo con sensori aggiuntivi, il cui costo viene suddiviso quindi su molti capi. Questi sensori possono consentire analisi del latte aggiuntive, come la valutazione delle cellule somatiche o il monitoraggio del progesterone.

Il robot può essere anche equipaggiato con sistemi che valutano altri aspetti dell'animale come, ad esempio, il Body condition score, offrendo così la possibilità di un checkup giornaliero di tutti gli animali in lattazione.

#### GLI OBIETTIVI DEL PROGETTO AGRITECH FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA

Un progetto di ricerca attualmente in corso presso il Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali dell'Università degli Studi di Milano, nell'ambito del progetto Agritech, finanziato dall'Unione europea, mira proprio a sviluppare sistemi integrati per il monitoraggio in continuo e in automatico di dati animal-based.

Il progetto si propone di raccogliere e combinare dati generati da differenti sensori, im-

plementandoli in un sistema di supporto alle decisioni per prevedere e rilevare situazioni di stress e di malattia, ottimizzare l'efficienza produttiva, riproduttiva e il benessere degli animali, riducendo l'utilizzo di antimicrobici e migliorando la resilienza e la sostenibilità della produzione del latte. Per ulteriori informazioni, si può visitare il sito web del progetto: <https://alleva-menti.unimi.it/>.

#### LA SPERIMENTAZIONE CONDOTTO PRESSO L'AZIENDA MENOZZI

Nel corso delle attività previste nel progetto Agritech, sono state monitorate le bovine in lattazione della stalla dell'Università degli Studi di Milano, presso l'azienda didattica-sperimentale Menozzi. La stalla ospita circa 110 bovine adulte ed è dotata di due robot di mungitura. Gli animali in lattazione sono divisi in due gruppi di mungitura omogenei per numero di parto e stadio di lattazione.

#### BODY CONDITION SCORE PER VALUTARE LE RISERVE ADIPOSE DEGLI ANIMALI

Durante l'estate del 2023, sono stati raccolti i dati registrati dai robot di mungitura e sono stati effettuati rilievi visivi da parte di operatori formati, per valutare il Body condition score delle bovine e la loro deambulazione, utilizzando lo schema del Locomotion score.

Il Body condition score (Bcs), come è noto, è un metodo utilizzato per valutare le riserve adipose degli animali. Secondo lo schema di Edmonson, la scala di valutazione varia da 1 (molto magra) a 5 (molto grassa). Un Bcs corretto è importante per il benessere dell'animale e influisce sulle prestazioni produttive e riproduttive (Ferguson, 2001). Il Bcs subisce variazioni fisiologiche nel corso del ciclo produttivo della bovina da latte raggiungendo un minimo vicino al picco di lattazione e un massimo alla messa in asciutta; tuttavia, è importante fare in modo che tali fluttuazioni non siano troppo accentuate.

Mantenere un adeguato Bcs durante i diversi stadi del ciclo è la dimostrazione di un equilibrio ottimale tra le performance produttive e riproduttive e la gestione dell'alimentazione. Una vacca con un Bcs elevato al parto presenterà maggiori rischi di complicanze durante il parto e sarà più suscettibile nel post partum a sviluppare problemi metabolici, come, ad esempio, la chetosi. D'altra parte, una perdita eccessiva di condizione corporea (>1 unità) tra il parto e il picco di lattazione e un Bcs scarso all'inseminazione (<2,5) sono stati associati a una bassa fertilità a causa del deficit energetico.

Attualmente sono in commercio anche sistemi per la stima in automatico del Bcs che impiegano telecamere tridimensionali mon-

tate all'uscita della sala di mungitura o sullo stallo robotizzato.

#### IL LOCOMOTION SCORE PER VALUTARE LA DEAMBULAZIONE DELL'ANIMALE

Il Locomotion score (Figura 5 a pagina 50) è un punteggio che valuta la deambulazio-

ne dell'animale, per identificare eventuali zoppie o difficoltà di movimento. Questo sistema si basa sull'osservazione della postura della schiena, sia quando l'animale è fermo sia durante la camminata, nonché sull'osservazione dell'appoggio dei quattro arti e della lunghezza e sicurezza della falcata. I fattori

che contribuiscono all'insorgenza delle patologie podali possono essere genetici (es. appiombi), ambientali (progettazione della stalla, tipo di pavimentazione, umidità, pulizia) e alimentari.

La zoppia nelle vacche da latte ha gravi conseguenze sulla salute degli animali e sulla produttività della mandria.

L'animale affetto da zoppia, oltre a provare dolore, modifica il suo comportamento con una minore propensione a recarsi in mangiatoia e in mungitura, quando la mungitura sia volontaria come nel caso del robot. Inoltre, riduce le manifestazioni del calore, in particolare la monta. L'animale con affezioni agli arti tenderà inoltre a subire la competizione degli animali sani nell'accesso alla mangiatoia, all'abbeveratoio e al robot di mungitura. Tutte queste modificazioni possono avere un impatto negativo sulla nutrizione, la produzione e la fertilità dell'animale. Inoltre la zoppia richiede trattamenti, comportando un aumento dei costi.

#### IL ROBOT DI MUNGITURA EVITA LA SOVRAMUNGITURA DEI QUARTI ANTERIORI

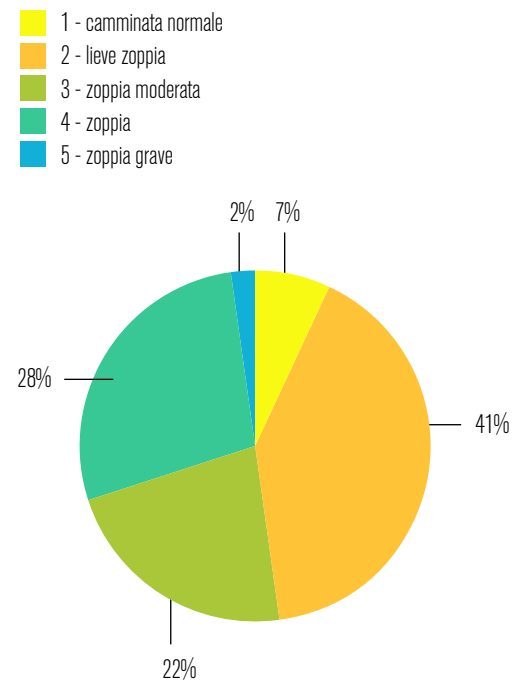
Nella tabella 1 vengono riportati alcuni dei principali dati registrati dai robot di mungitura durante lo studio, insieme ai due indici rilevati manualmente (Bcs e Locomotion Score). Perlopiù le misure del robot sono effettuate per quarto mammario: produzione di latte per mungitura (kg), flusso medio e massimo per mungitura (kg/min), conducibilità elettrica (in mS/cm<sup>2</sup>). Inoltre, i robot della stalla oggetto dello studio sono equipaggiati con un sistema di conta delle cellule somatiche (sul latte della intera mammella). Come è possibile notare dalla tabella, la produzione individuale media di latte a mungitura è risultata pari a 14 kg con un'elevata variabilità. Dai dati di produzione per quarto si nota, come atteso, che i quarti posteriori producono di più degli anteriori. I flussi invece, sia medio che massimo (kg di latte al minuto), tendono a risultare lievemente più elevati nei quarti anteriori.

Nel caso di mungitura in sala con impianti tradizionali, la diversa produzione e il diverso valore di flusso tra quarti anteriori e posteriori, potrebbero tradursi in una significativa sovra-mungitura dei quarti anteriori a causa del più rapido svuotamento di questi, con ri-

**TABELLA 1** - Dati provenienti dai robot di mungitura e da rilievi manuali (medie di 33.000 osservazioni circa per i dati dei robot e di 10.000 osservazioni per i dati rilevati manualmente). AS=quarto anteriore sinistro; AD=anteriore destro; PS=posteriore sinistro; PD=posteriore destro

		Media	Dev std	Min	Max
Numero di lattazione	N	2.03	1.26	1.00	6.00
Giorni di lattazione	N	148	98.64	2.00	620
Body Condition Score (BCS)		2.71	0.41	1.97	5.00
Locomotion Score		2.76	1.01	1.00	5.00
Produzione di latte	kg/mungitura	14.0	5.34	0.11	43.5
Produzione di latte AS	kg/mungitura	3.35	1.36	0.01	14.23
Produzione di latte AD	kg/mungitura	3.44	1.47	0.01	17.4
Produzione di latte PS	kg/mungitura	3.97	1.75	0.01	12.0
Produzione di latte PD	kg/mungitura	3.83	1.78	0.01	12.2
Flusso medio AS	kg/min	1.23	0.41	0.06	2.82
Flusso medio AD	kg/min	1.22	0.40	0.06	3.68
Flusso medio PS	kg/min	1.13	0.38	0.06	5.10
Flusso medio PD	kg/min	1.16	0.37	0.06	3.00
Flusso massimo AS	kg/min	1.71	0.51	0.12	3.96
Flusso massimo AD	kg/min	1.69	0.49	0.06	3.84
Flusso massimo PS	kg/min	1.56	0.46	0.06	4.20
Flusso massimo PD	kg/min	1.62	0.45	0.06	4.08
Conducibilità elettrica AS	mS/cm <sup>2</sup>	4.34	0.44	0.33	9.68
Conducibilità elettrica AD	mS/cm <sup>2</sup>	4.34	0.43	0.34	10.15
Conducibilità elettrica PS	mS/cm <sup>2</sup>	4.32	0.50	0.67	8.83
Conducibilità elettrica PD	mS/cm <sup>2</sup>	4.33	0.51	0.64	9.98
Cellule somatiche	log <sub>10</sub> cell/ml	4.95	0.61	3.30	6.71

**FIGURA 6** - Distribuzione percentuale dei 5 punteggi di Locomotion Score



percussioni sul benessere della bovina e sulla condizione dei capezzoli (rischio di ipercheratosi). Nel caso della mungitura automatizzata, invece, la gestione della mungitura per quarto (attacco e stacco indipendenti per ogni quarto) permette di evitare questo problema (vedi Tabella 1 a pagina 51).

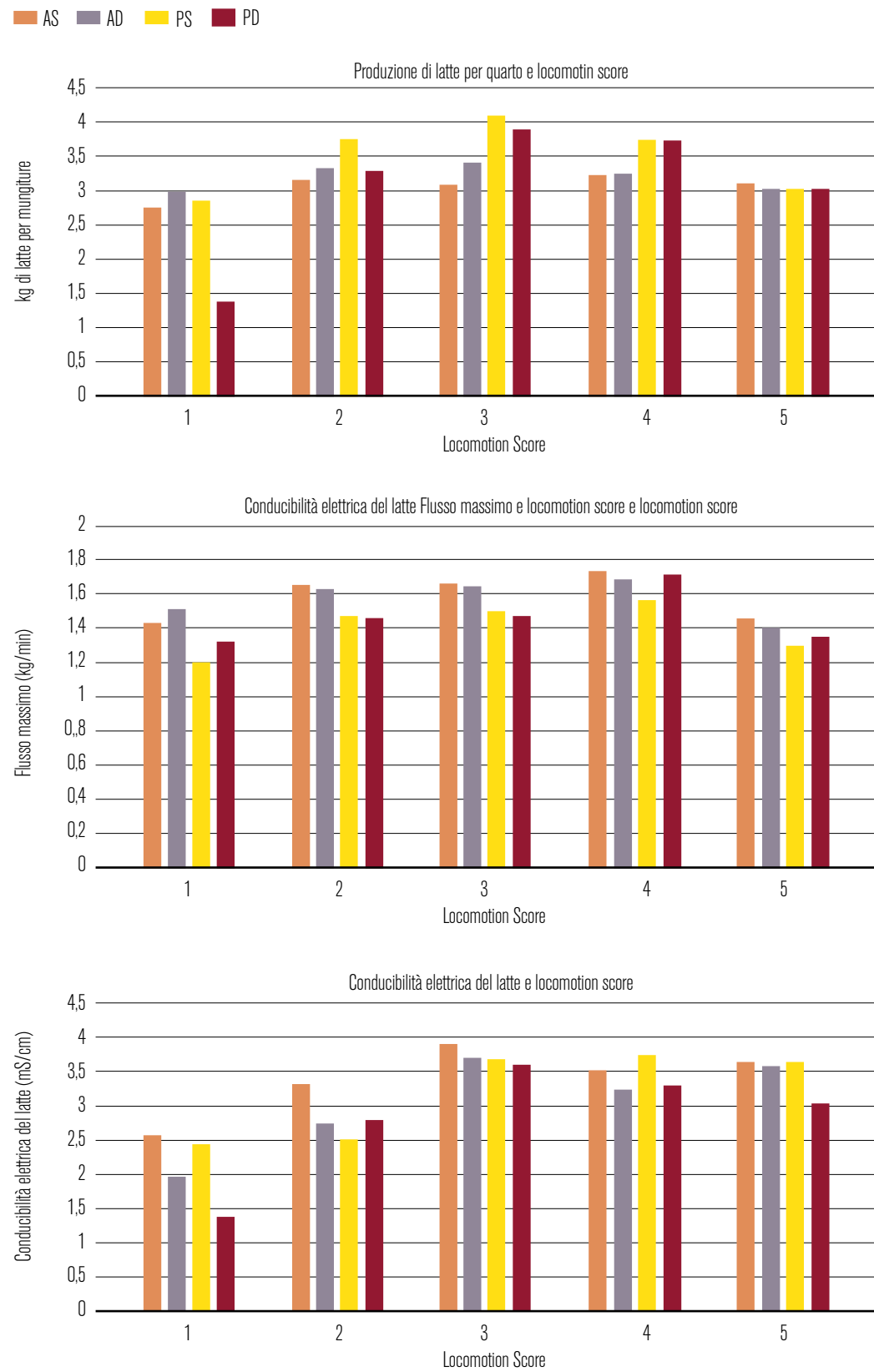
Per quanto riguarda le altre variabili, si può notare un valore medio di Bcs lievemente inferiore all'atteso, considerando che si trattava di bovine in tutti gli stadi di lattazione. Il Locomotion score medio e la conta delle cellule somatiche (espressa come log10 del numero di cellule per ml di latte) sono invece risultati piuttosto elevati.

Nella Figura 6 vengono riportate le frequenze dei diversi punteggi del Locomotion Score: le classi estreme, 1=Normale e 5=Gravemente zoppa, sono risultate le meno frequenti.

Salute podale, dati di produzione, flusso e conducibilità del latte

Nei grafici della Figura 7 vengono riportate le medie di alcuni dati ottenuti dal robot di mungitura in funzione del punteggio di Locomotion score, in modo da poter valutare le relazioni tra salute podale e dati di produzione, flusso e conducibilità del latte registrati

**FIGURA 7** - Produzione, flusso e conducibilità elettrica in relazione al Locomotion Score delle bovine. AS=quarto anteriore sinistro; AD=anteriore destro; PS=posteriore sinistro; PD=posteriore destro



dal robot di mungitura. In particolare, si può notare come le bovine con punteggi di Locomotion score 2-3-4 siano le più produttive. Tale risultato è anche legato al fatto che le bovine secondipare e pluripare rientrano generalmente in queste classi di Locomotion Score mentre le primipare, meno produttive, presentano generalmente una migliore salute podale.

La media del numero di parto per classi di Locomotion score è infatti pari a 1,27; 1,69; 2,30; 2,41; 2,07 per i punteggi da 1 a 5, rispettivamente. Nella classe 5 di Locomotion score invece le produzioni risultano più basse presumibilmente per il manifestarsi degli effetti negativi della zoppia grave sull'assunzione di alimento e sulla frequentazione dello stallo di mungitura. Andamento analogo alla produzione è mostrato dal flusso massimo per quarto: bovine più produttive presentano, infatti, generalmente flussi medi e massimi più elevati.

La conducibilità elettrica del latte tende ad elevarsi con l'aumentare del punteggio del Locomotion Score. Ciò potrebbe essere dovuto ad una concomitanza di fattori, tra cui uno stato sanitario non ottimale della mammella: la conducibilità elettrica del latte, infatti, aumenta durante le infezioni mastitiche a causa principalmente di un'alterazione delle concentrazioni di anioni e cationi nel latte dovuta alla permeabilità alterata del tessuto secernente.

Tuttavia, la conducibilità elettrica del latte è fortemente influenzata anche da altri fattori, come produzione e composizione del latte, stadio di lattazione, numero di parto, che interferiscono fortemente con la capacità predittiva della conducibilità elettrica nei confronti della mastite.

La Figura 8 di pagina 54 mostra le medie delle cellule somatiche del latte (esprese come log10 delle cellule somatiche per ml) in corrispondenza dei diversi punteggi di Locomotion score.

Le bovine affette da zoppia grave tendono a far registrare un aumento delle cellule somatiche nel latte. La correlazione positiva tra la presenza di zoppie e le cellule somatiche e/o la conducibilità elettrica del latte è emersa anche da altri studi (Paulauskas et al., 2023; Singh et al., 2018).

Si ipotizza che il risultato sia riconducibile



Dettaglio di un robot di mungitura in funzione

al fatto che le vacche affette da gravi zoppie tendono a rimanere più a lungo in cuccetta favorendo una maggior esposizione dei capezzoli ai microrganismi patogeni attraverso il contatto prolungato con la lettiera.

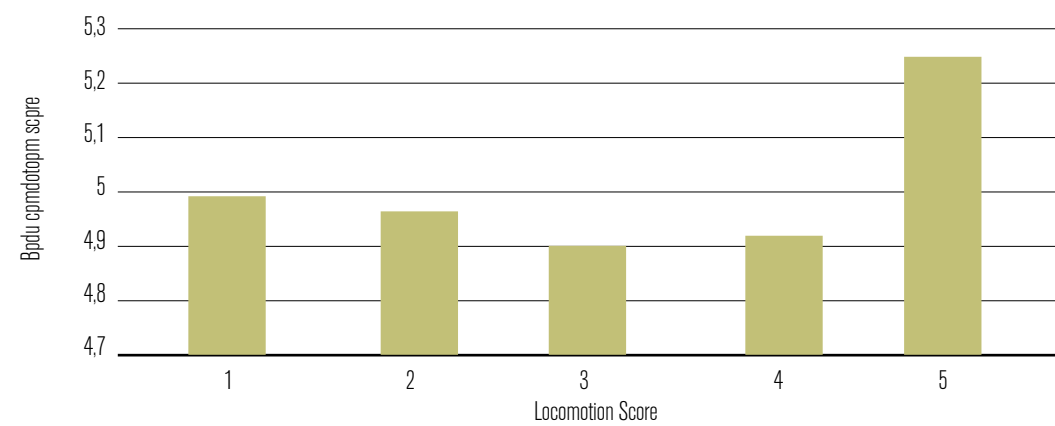
Tuttavia, va considerato che anche lo stress prolungato associato alla zoppia potrebbe contribuire a ridurre la risposta del sistema immunitario dell'animale, aprendo la strada a infezioni come la mastite.

La Figura 9 a pagina 54 mostra come il Bcs degli animali tenda a diminuire all'aumentare del punteggio del Locomotion Score, ossia all'aumentare della gravità della zoppia.

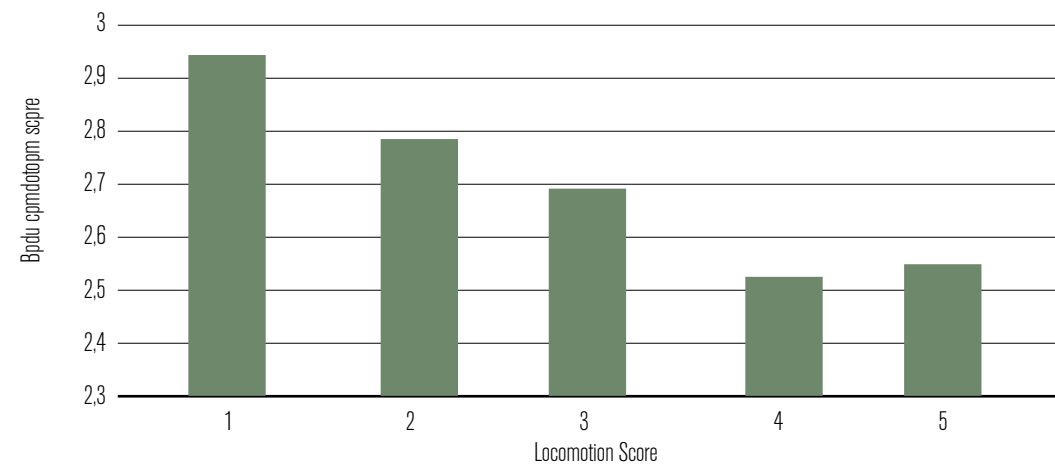
Questo è in parte dovuto al fatto che le bovine zoppe si recano mal volentieri in mangiatoia e subiscono anche più facilmente la competizione da parte degli animali sani per l'accesso alla mangiatoia e presumibilmente anche all'abbeveratoio. D'altra parte la relazione sembra essere di tipo biunivoco: le bovine magre avrebbero infatti un rischio di laminite più elevato a causa di una riduzione dello spessore del tessuto adiposo del cuscinetto plantare (Bicalho et al., 2009).

I risultati iniziali dello studio sono incoraggianti, poiché mettono in luce alcune relazioni interessanti tra i dati acquisiti au-

**FIGURA 8** - Mostra le medie delle cellule somatiche del latte (esprese come log10 delle cellule somatiche per ml) in corrispondenza dei diversi punteggi di Locomotion score.



**FIGURA 9** - Medie del Body Condition Score in funzione del punteggio di Locomotion Score



tomaticamente dai sistemi di mungitura automatizzata e alcuni indicatori cruciali per la salute e il benessere degli animali, come le cellule somatiche del latte, il Body condition score e il Locomotion score.

Questo suggerisce che l'integrazione di dati provenienti da diversi sensori, o eventualmente anche raccolti con metodi tradizionali, potrebbe essere di supporto nell'identificazione degli animali a rischio di sviluppare patologie come la mastite o la zoppia e nell'individuazione precoce e affidabile dell'insorgenza di tali problematiche, sfruttando l'integrazione di informazioni provenienti da più fonti. Tale approccio potrebbe contribuire significativamente al miglioramento della sostenibilità ambientale, sociale ed economica nei sistemi di produzione del latte. ■

### Bibliografia

- Abeni, F., Petrer, F., & Galli, A. (2019). A survey of Italian dairy farmers' propensity for precision livestock farming tools. *Animals*, 9(5), 202.
- Bianchi, M. C., Bava, L., Sandrucci, A., Tangorra, F. M., Tamburini, A., Gislone, G., & Zucali, M. (2022). Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *animal*, 16(11), 100650.
- Biffani S. (2023). Io robot: Ruminantia, 12/2023: Io, Robot – Ruminantia Mese
- Bicalho, R. C., Machado, V. S., & Caixeta, L. S. (2009). Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of dairy science*, 92(7), 3175-3184.
- Capper, J. L., Cady, R. A., & Bauman, D. E. (2009). The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of animal science*, 87(6), 2160-2167.
- Capper, J. L., & Cady, R. A. (2020). The effects of impro-

ved performance in the US dairy cattle industry on environmental impacts between 2007 and 2017. *Journal of Animal Science*, 98(1), skz291.

Ferguson J.D. (2001) Body Condition Scoring <https://www.txanc.org/Proceedings/2002/Body-Condition-Scoring.pdf>

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

Istat (2021). Statistiche - Report: la diffusione delle tecnologie nelle aziende zootecniche | anno 2020 [https://www.istat.it/it/files/2021/05/Report-tecnologie-aziende-zootecniche\\_2020.pdf](https://www.istat.it/it/files/2021/05/Report-tecnologie-aziende-zootecniche_2020.pdf)

Paulauskas, A., Juozaitienė, V., Džermeikaitė, K., Bačėnaitė, D., Urbonavičius, G., Tušas, S., ... & Antanaitis, R. (2023). Association between Milk Electrical Conductivity Biomarkers with Lameness in Dairy Cows. *Veterinary Sciences*, 10(1), 47.

Singh, A., Singh, S., Gupta, D. K., & Bansal, B. K. (2018). Relationship of lameness to body condition score, udder health and milk quality in crossbred dairy cattle. *Vet. Arh*, 88, 179-190.

Tamburini, A., Bava, L., Piccinini, R., Zecconi, A., Zucali, M., & Sandrucci, A. (2010). Milk emission and udder health status in primiparous dairy cows during lactation. *Journal of dairy research*, 77(1), 13-19.

Tullo, E., Finzi, A., & Guarino, M. (2019). Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the total environment*, 650, 2751-2760.

Zinpro locomotion scoring and treatment of dairy cattle [www.zinpro.com/wp-content/uploads/2023/06/Dairy\\_Cattle\\_Locomotion\\_Scoring\\_Treatment-1.pdf](http://www.zinpro.com/wp-content/uploads/2023/06/Dairy_Cattle_Locomotion_Scoring_Treatment-1.pdf)

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Davide Reginell, Mauro Colnago e Lisa Pirovano, dell'Università degli Studi di Milano, per la collaborazione e il prezioso supporto durante la raccolta dati presso l'azienda.

### Finanziamenti

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agri-tech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

# Publicità 4