

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E  
AMBIENTE  
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI

Sistemi di monitoraggio automatico per la gestione della riproduzione negli allevamenti delle vacche da latte

Relatrice: Prof.ssa ELISA GIARETTA

Laureanda: ELENA SORGATO  
Matricola n.1164675

Anno Accademico 2023-2024

## Indice

1.	L'innovazione nel comparto Agrifood .....	4
1.1	Cos'è l'Agricoltura 4.0 .....	4
1.2	Agricoltura di precisione o precision farming .....	4
1.3	I vantaggi dell'Agricoltura 4.0 per le aziende .....	5
1.4.	Agricoltura 4.0: settori e tendenze .....	5
1.5	Come digitalizzare un'azienda agricola: tecnologie abilitanti .....	5
1.5.1	Agrometeorologia .....	5
1.5.2	Big Data .....	6
1.5.3.	Blockchain .....	6
1.5.4.	Cloud .....	6
1.5.5.	Connected device .....	6
1.5.6.	Droni .....	6
1.5.7.	Farm management information system .....	6
1.5.8.	Intelligenza artificiale .....	6
1.5.9	Internet of things .....	7
1.6.	L'importanza dell'interoperabilità e della sicurezza dei dati .....	7
1.7 .	Il ruolo delle competenze digitali .....	7
1.8.	Coltivare il futuro: verso la sostenibilità con l'Agricoltura 4.0 .....	8
1.9.	Il mercato dell'Agricoltura 4.0 in Italia .....	8
1.10.	Le tecnologie digitali più utilizzate .....	9
1.10.1.	Sensori per la sala di mungitura .....	12
1.10.2.	Sensori per l'analisi del latte(esempio Afilab) .....	12
1.10.3.	Sensori per la quantità di latte.....	13
1.10.4	Bilancia automatica con sensori .....	14
1.10.5	Sensori per la rilevazione dei calori .....	14
1.10.6	Sensori per la rilevazione dello stress da caldo.....	17
1.10.7.	Sensori per la rilevazione della ruminazione al pascolo.....	17
1.10.8.	Il robot di mungitura .....	18
2.	Esperienza di tirocinio .....	20
2.1.	Scopo del progetto.....	20
2.2	Materiali e metodi .....	20

2.2.1.	Descrizione dello studio svolto.....	20
2.3.	Dati raccolti.....	23
2.4.	Conclusioni.....	25

## 1. L'innovazione nel comparto Agrifood

Man mano che il concetto di digital transformation si sta facendo strada in tutti i settori della vita quotidiana, rivoluzionando il nostro modo di produrre e di interagire, l'applicazione delle tecnologie digitali tende a "specializzarsi" in singoli comparti. E uno di quelli che più ha da guadagnare da questo processo di innovazione è senza dubbio l'agricoltura, che viene spesso considerata come un ambiente "tradizionalista" e poco propenso al cambiamento, ma che invece negli ultimi anni sta sperimentando con risultati evidenti e facilmente misurabili il potenziale della digitalizzazione. Così se, quando ci rivolgiamo nello specifico al manifatturiero, il termine per indicare al digital transformation negli ambienti produttivi è "Industria 4.0", l'ingresso delle tecnologie della quarta rivoluzione industriale nell'agrifood si chiama "Agricoltura 4.0".

### 1.1 Cos'è l'Agricoltura 4.0

L'agricoltura 4.0 è il risultato dell'applicazione di una serie di tecnologie innovative nel campo dell'agroalimentare, e può essere considerata come un "upgrade" dell'agricoltura di precisione. Questo grazie all'automatizzazione della raccolta, dell'integrazione e dell'analisi dei dati che provengono direttamente dai campi per merito di sensori e altre fonti.

Le tecnologie digitali 4.0 in questo contesto sono utili per supportare l'agricoltore nella quotidianità e nella pianificazione delle strategie per la propria attività, compresi i rapporti con tutti gli anelli della filiera, generando un circolo virtuoso in grado di creare valore per la singola aziende e a cascata per i suoi partner.

Grazie a queste nuove soluzioni e all'applicazione delle tecnologie digitali, dall'IoT all'intelligenza artificiale, dall'analisi di grandi quantità di dati ai trattori a guida autonoma, fino all'utilizzo dei droni, le aziende agricole possono aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale della propria attività.

### 1.2 Agricoltura di precisione o precision farming

L'inizio dell'applicazione di tecnologie per l'agricoltura di precisione in Italia risale agli anni '90: si tratta in pratica di utilizzare soluzioni digitali per interventi specifici, che tengano conto in particolare delle esigenze del suolo e delle piante. Il fine di questi interventi è quello di migliorare quanto più possibile la resa produttiva delle piantagioni e contenere per i costi e l'impatto ambientale. Di questa categoria fanno parte tutti gli interventi per rendere più efficiente l'irrigazione senza sprecare risorse idriche né far soffrire le piante, le tecnologie per il planting adattate alle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo su cui si interviene, la somministrazione di antiparassitari commisurate alle esigenze specifiche di ogni singola area e pianta, o di fertilizzanti soltanto nella quantità necessaria e nei tempi più utili.

Per questo l'agricoltura di precisione, oltre a essere il predecessore più prossimo dell'agricoltura 4.0, è anche uno dei cardini di quest'ultima, perché mette le basi per adattare i processi produttivi alle singole necessità grazie a interventi mirati e tempestivi in grado di adattarsi alle

esigenze del momento. La base per rendere più efficaci queste tecnologie è l'utilizzo in tempo reale dei dati che provengono dai campi. Grazie ai sensori, installati sui campi o sulle macchine agricole, che possono trasmettere informazioni, è infatti possibile prendere decisioni tempestive ed efficaci, che possono essere affidate anche a sistemi automatizzati.

### 1.3 I vantaggi dell'Agricoltura 4.0 per le aziende

In linea generale i principali vantaggi dell'agricoltura 4.0 sono quelli, come dicevamo, di una razionalizzazione dell'uso delle risorse, e quindi principalmente economici per le aziende della filiera. Ma un percorso dei prodotti – dal campo alla tavola – improntato a massimizzare la sostenibilità ha un impatto positivo anche sulla salute, dal momento che sarà possibile portare fino ai consumatori finali prodotti più controllati e più freschi rispetto a quanto avviene con le tecniche tradizionali. Per quantificare questi vantaggi, si parla di un risparmio attorno al 30% per gli input produttivi e di un aumento del 20% della produttività, con un utilizzo limitato di sostanze chimiche.

Puntando poi l'attenzione sull'utilizzo dei dati, c'è da aggiungere che poter contare sull'analisi in tempo reale delle informazioni che provengono dai campi è estremamente utile per gestire ogni attività legata all'agricoltura in modo più veloce e quindi anche efficiente. Grazie all'analisi dei dati è infatti possibile improntare al massimo dell'efficienza l'utilizzo delle macchine agricole, o utilizzare soltanto la quantità di acqua necessaria, senza sprechi. Grazie allo stesso set di informazioni è possibile prevenire le patologie delle piante o contrastarne i parassiti, limitando i danni nel momento in cui si dovessero verificare problemi grazie al monitoraggio costante e simultaneo delle coltivazioni. Ed è bene sottolineare che si tratta di vantaggi che si possono ottenere indipendentemente dal tipo di coltura.

### 1.4. Agricoltura 4.0: settori e tendenze

Il mondo dell'agricoltura 4.0 è strettamente legato all'evoluzione digitale e copre tanti e diversi settori. In particolare, l'indagine di Statista mette in evidenza che gli ambiti che stanno trascinando il settore a livello globale sono rappresentati dal Precision farming e dal Livestock monitoring e management. Più distanti ma con valori comunque significativi si collocano le soluzioni per l'acquacoltura.

### 1.5 Come digitalizzare un'azienda agricola: tecnologie abilitanti

Ecco di seguito alcune delle tecnologie utili nella digital transformation delle aziende agricole.

#### 1.5.1 Agrometeorologia

Parliamo in questo caso delle applicazioni che possono essere utilizzate per integrare nelle strategie di coltivazione le informazioni che provengono dalle previsioni meteo, grazie anche ad automatismi che possono essere implementati grazie alla raccolta e all'analisi in tempo reale dei dati provenienti da diverse fonti, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati.

### 1.5.2 Big Data

Si tratta dell'insieme delle informazioni che possono essere generate da strumenti diversi e che possono essere utili per efficientare la produzione. Questi dati possono provenire da fonti eterogenee, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati. La chiave è sempre la capacità di integrarli e analizzarli in real time, in modo da restituire risultati affidabili da cui possa essere estratto o generato valore.

### 1.5.3. Blockchain

La Blockchain è una delle tecnologie della famiglia "Distributed Ledger Technology": sistemi che permettono ai nodi di una rete di raggiungere il consenso sulle modifiche di un registro distribuito in assenza di un ente centrale, in cui il registro distribuito è strutturato come una catena di blocchi contenenti transazioni. Sono soluzioni particolarmente utili per la tracciabilità della produzione, dal campo alla tavola, certificando i requisiti dei prodotti in termini di qualità, autenticità e sostenibilità.

### 1.5.4. Cloud

Il Cloud è un paradigma che indica l'insieme di servizi ICT accessibili on-demand e in modalità self-service tramite tecnologie Internet, basati su risorse condivise, caratterizzati da rapida scalabilità e dalla misurabilità puntuale dei livelli di performance. L' "as a service" può essere un tipo di soluzione particolarmente utile per estendere su larga scala una serie di tecnologie complesse e in rapida evoluzione, che altrimenti sarebbe stato più difficile – dal punto di vista dei costi e delle competenze – per le aziende più piccole riuscire ad adottare.

### 1.5.5. Connected device

Sono i dispositivi che possono trasmettere e/o ricevere informazioni attraverso una rete, che si tratti di Wi-fi o di reti mobili.

### 1.5.6. Droni

I droni sono piccoli velivoli connessi senza pilota (UAV), in grado di monitorare con telecamere le coltivazioni in tempo reale e di trasmettere immagini o informazioni utili a chi deve prendere decisioni. I droni possono essere impiegati anche per interventi mirati in campo, come ad esempio nel caso della lotta biologica alla piralide nel mais.

### 1.5.7. Farm management information system

Sono i sistemi informativi che supportano l'imprenditore agricolo nel completare diverse attività, come la pianificazione e la rendicontazione delle operazioni e/o la produzione di documentazione a supporto del business.

### 1.5.8. Intelligenza artificiale

L'Intelligenza artificiale lo strumento principale per l'analisi di una grande mole di dati, grazie a sistemi hardware e software in grado di perseguire autonomamente una finalità definita. Si tratta quindi della tecnologia che consente di dotare le macchine di una o più caratteristiche considerate

tipicamente umane, e che le mette in grado di prendere decisioni in tempo reale grazie a tecniche di machine learning legate all'apprendimento e alla percezione visiva o spazio-temporale.

### 1.5.9 Internet of things

L'IoT è la tecnologia che consente agli oggetti "intelligenti", connessi in rete tra loro e con una centrale di controllo tramite Internet, di scambiarsi informazioni utili a migliorare le condizioni di vita e di sviluppo delle piante, grazie all'identificazione a radiofrequenza, a reti wireless o alla comunicazione machine-to-machine, fino ad arrivare all'interazione uomo-macchina, al middleware, ai servizi web e ai sistemi informativi.

## 1.6. L'importanza dell'interoperabilità e della sicurezza dei dati

Un aspetto cruciale nell'implementazione dell'Agricoltura 4.0 è l'interoperabilità delle soluzioni digitali. L'interconnessione tra diversi sistemi e dispositivi consente di ottenere un quadro completo e accurato delle operazioni agricole, dalla semina alla raccolta. Tuttavia, affinché queste tecnologie possano collaborare efficacemente, è essenziale che siano in grado di comunicare tra di loro senza intoppi. Ciò richiede standard di comunicazione ben definiti e protocolli che garantiscano una sincronizzazione senza interruzioni tra diverse piattaforme.

Inoltre, la sicurezza dei dati rappresenta una priorità ineludibile. Con la crescente quantità di informazioni raccolte e scambiate tra le varie componenti dell'ecosistema agricolo, è fondamentale proteggere queste informazioni da accessi non autorizzati e da possibili attacchi informatici. La sicurezza deve essere incorporata fin dall'inizio nella progettazione delle soluzioni, includendo crittografia avanzata, autenticazione a più fattori e procedure di backup robuste. La compromissione dei dati potrebbe non solo danneggiare l'operatività delle aziende agricole, ma potrebbe anche avere ripercussioni sulla qualità e sulla sicurezza degli alimenti prodotti.

## 1.7 . Il ruolo delle competenze digitali

Un altro fattore critico che contribuisce al successo dell'agricoltura 4.0 è la formazione e l'acquisizione di competenze digitali da parte degli agricoltori e degli operatori del settore. L'adozione di tecnologie avanzate richiede una curva di apprendimento, e gli agricoltori devono essere in grado di comprendere e utilizzare le diverse soluzioni digitali a loro disposizione. È importante investire nella formazione, offrendo programmi di addestramento e risorse didattiche che consentano agli agricoltori di sfruttare appieno il potenziale delle tecnologie 4.0.

Inoltre, l'accesso a competenze digitali potrebbe aiutare a superare la resistenza al cambiamento che talvolta si manifesta nel settore agricolo. Spesso, le abitudini radicate e la tradizione possono rappresentare ostacoli alla trasformazione digitale. Educare gli agricoltori sui vantaggi tangibili dell'adozione di queste tecnologie può contribuire a superare questa resistenza e a creare un ambiente più favorevole all'innovazione.

## 1.8. Coltivare il futuro: verso la sostenibilità con l'Agricoltura 4.0

L'evoluzione verso l'agricoltura 4.0 va ben oltre una semplice trasformazione del settore agricolo: rappresenta piuttosto un ambizioso passo verso un futuro che incarna i principi dell'innovazione tecnologica e della sostenibilità. Questo nuovo paradigma agricolo non solo ottimizza le pratiche colturali e la gestione delle risorse, bensì contribuisce a risolvere sfide fondamentali come la sicurezza alimentare globale e l'impatto ambientale dell'agrifood.

L'integrazione di tecnologie all'avanguardia, come l'Internet delle Cose, l'Intelligenza artificiale e il Cloud Computing, non solo migliora la produttività e la qualità dei raccolti, ma getta le basi per un settore agricolo in armonia con l'ambiente circostante, garantendo al contempo la fornitura di alimenti sani e tracciabili. Da un lato, infatti, queste tecnologie consentono una gestione più accurata e mirata delle risorse agricole, come l'acqua, i fertilizzanti e i pesticidi, il che si traduce in una minore dispersione di tali risorse e in un utilizzo più efficiente e rispondente alle diverse necessità di piante e terreni, riducendo i costi e limitando l'inquinamento associato all'uso eccessivo di sostanze chimiche.

Dall'altro lato, la tracciabilità e la raccolta dati in tempo reale consentono agli agricoltori di identificare rapidamente problemi o situazioni critiche nelle coltivazioni, intervenendo tempestivamente. Ciò contribuisce a prevenire la diffusione di malattie delle piante e a contrastare l'insorgenza di parassiti, riducendo così la necessità di trattamenti chimici aggressivi. Di conseguenza, la produzione di alimenti risulta meno contaminata e più sana, contribuendo a migliorare la sicurezza alimentare globale.

In definitiva, l'agricoltura 4.0 è una visione di progresso che non solo risponde alle sfide attuali, ma plasma anche un futuro in cui l'agricoltura diventa un motore trainante per la sostenibilità globale e la prosperità economica, in grado di soddisfare le crescenti esigenze alimentari della popolazione mondiale senza compromettere la salute dell'ambiente.

## 1.9. Il mercato dell'Agricoltura 4.0 in Italia

A pesare sul comparto dell'agricoltura nell'ultimo anno ci sono stati l'aumento dei costi delle materie prime e una grave siccità diffusa in Europa. Tuttavia, secondo i dati pubblicati dall'Osservatorio Smart Agrifood 2022 della School of Management del Politecnico di Milano e del Laboratorio RISE dell'Università degli Studi di Brescia, il mercato dell'Agricoltura 4.0 in Italia ha dimostrato resilienza mettendo a segno una crescita del 31% rispetto al 2021, che ha permesso di superare i 2 miliardi di euro.

La ricerca mostra che il 65% del valore del mercato è rappresentato da macchinari connessi e sistemi di monitoraggio e controllo. Inoltre, i sistemi di monitoraggio a distanza delle coltivazioni, dei terreni e delle infrastrutture sono in forte crescita, con un aumento del 15%. Le aziende agricole utilizzatrici hanno sottolineato che le soluzioni di agricoltura 4.0 hanno soddisfatto principalmente i bisogni legati all'efficienza, consentendo la riduzione dell'utilizzo degli input produttivi. Oltre la metà ha implementato più di una soluzione, con una media di tre per azienda, registrando un aumento del 21% rispetto al 2021.

Nel settore della trasformazione agroalimentare, l'82% delle aziende ha utilizzato o sperimentato almeno una soluzione digitale, e quasi la metà ha implementato quattro o più soluzioni contemporaneamente, segnando un aumento del 30% rispetto al 2021. Le aree in cui le aziende stanno maggiormente innovando sono la tracciabilità alimentare, la produzione, la logistica e il controllo della qualità.

## 1.10. Le tecnologie digitali più utilizzate

Tra le soluzioni maggiormente attenzionate, oltre ai software gestionali aziendali, si trovano quelle basate su tecnologia cloud computing (58%), i QR Code (56%), quelle abilitate da tecnologia mobile (ad esempio le app per tablet e smartphone per il monitoraggio del percorso dei mezzi, per il controllo della catena del freddo e per il controllo della qualità dei prodotti finali, 45%), gli ERP e MES (37%) e le soluzioni di advanced automation come robot e cobot (34%). Questa, assieme al cloud, hanno registrato crescite significative rispetto al 2020, a dimostrazione dell'esigenza di adottare soluzioni digitali per archiviare grandi quantità di informazioni e disporre di grandi risorse di calcolo, ma anche un impatto della pandemia da Covid-19, che ha accelerato il bisogno di automatizzare alcuni processi interni.

Un altro aspetto riguarda l'interoperabilità delle soluzioni digitali che sta diventando sempre più cruciale, consentendo l'integrazione dei dati provenienti da diversi sistemi e promuovendo la tracciabilità e la sostenibilità delle produzioni agroalimentari. Le startup internazionali mostrano un crescente interesse per l'innovazione digitale nell'agroalimentare, con il 28% delle realtà innovative che offrono soluzioni specifiche per aziende agricole e zootecniche, principalmente nel campo dell'Agricoltura e della Zootecnia 4.0.

Nonostante i progressi compiuti, c'è ancora spazio per lo sviluppo delle tecnologie digitali nell'agricoltura e nell'industria agroalimentare. Molte aziende non hanno ancora adottato l'Agricoltura 4.0, ma i numeri positivi sull'adozione e l'ampio potenziale delle soluzioni digitali suggeriscono opportunità di crescita.

L'allevamento di vacche da latte attuale si basa su dati oggettivi non più sull'esperienza individuale e sul giudizio soggettivo.

Ogni giorno il mercato richiede maggior qualità del prodotto latte, ma anche maggior attenzione alle necessità del consumatore che si rispecchia in una conseguente necessità di miglioramento nella gestione delle bovine da latte in allevamento.

Per questo si è resa necessaria nelle stalle l'installazione di sistemi di monitoraggio automatico delle bovine

Il monitoraggio permette la gestione data-driven dell'allevamento, aiutando l'allevatore nella gestione dei punti critici dell'allevamento stesso. Tutto ciò non si ferma alla sola gestione della sfera riproduttiva (es. segnalando il momento adatto per l'inseminazione della bovina), ma sono presenti anche piani di applicazione avanzati che prevedono allerte in caso di problematiche sanitarie che coinvolgono il singolo animale, permettendo un intervento

tempestivo ed una conseguente riduzione dell'utilizzo di trattamenti antimicrobici, minori perdite economiche e maggior benessere.

È chiaro quindi come le decisioni prese sulla gestione dell'allevamento e sul suo futuro si basino su dati rilevati ed analizzati in real time tramite un algoritmo che mette in evidenza i fattori chiave del processo decisionale. I sistemi di monitoraggio diventano dunque alleati chiave dell'allevatore e del Medico Veterinario affinché il prodotto latte sia di qualità, rispettoso del benessere animale, sostenibile da un punto di vista ambientale e soprattutto apprezzato dal consumatore finale.

Inoltre la tecnologia consente di monitorare molto bene gli animali al pascolo, per esempio tramite un collare con un ruminometro posso sapere la ruminazione di ogni singolo animale.

Attualmente sul mercato sono disponibili dispositivi per monitorare quasi tutti i parametri fisiologici e produttivi di un animale, di seguito verranno elencati una serie di sensori che si usano per il monitoraggio delle vacche da latte.

L'utilizzo dei sensori nel settore dell'allevamento è esposto negli anni '90 con l'avvento dei primi robot di mungitura.

L'allevamento moderno è un sistema integrato di sensori che rilevano i vari parametri di un animale.

L'animale è libero di muoversi all'interno di una stalla a stabulazione libera, dove può esprimere molti dei suoi comportamenti naturali come: montare o essere montato da un'altra vacca in caso di calore. In questo caso tutti e due gli animali che fanno questo comportamento sono in calore, solo sono in fasi diverse.

Ci sono sistemi di monitoraggio per ogni fase produttiva dell'animale, poiché ci sono sistemi da applicare all'interno della stabulazione libera come i collari o i podometri oppure gli ear tags, gli stessi sistemi possono essere applicati al pascolo, con degli adattamenti che andremo ad elencare in seguito.

Oltre a questo ci sono tutta una serie di sensori che vengono applicati alla sala di mungitura, che devono essere in grado di comunicare con i sensori utilizzati nella stabulazione libera in modo tale da avere un profilo completo di ogni animale sotto gli aspetti di salute e produzione.

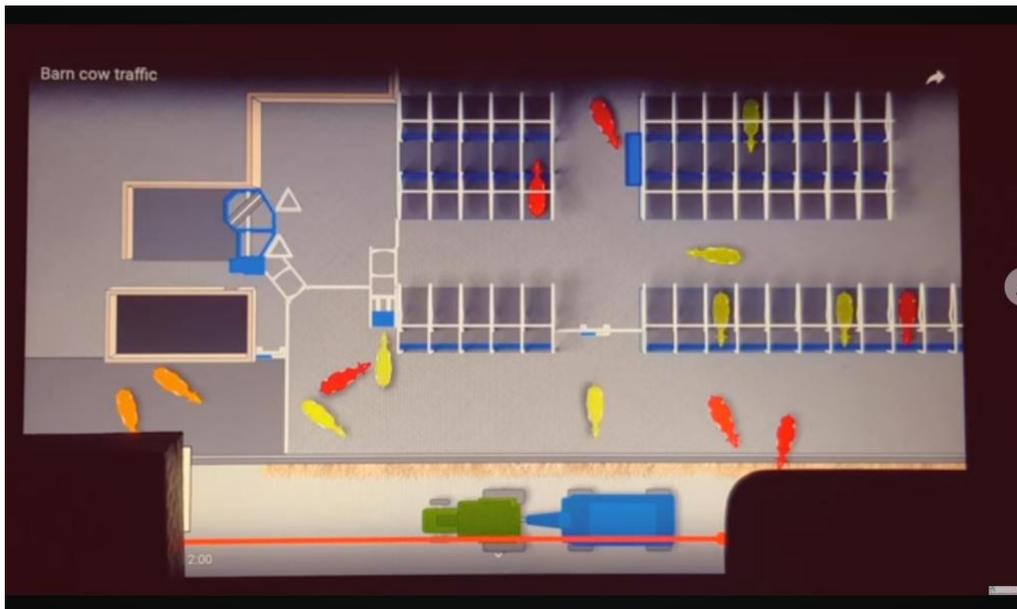
Di seguito si andranno a descrivere cosa sono la stabulazione libera e a cosa serve, quali sono i sensori utilizzati sia in sala di mungitura che in stalla.

La stabulazione libera si è resa indispensabile con l'avvento dei robot di mungitura, poiché sono gli animali che decidono quando farsi mungere e non più l'uomo.

Ogni animale all'interno di una stalla robotizzata può muoversi liberamente da un settore all'altro della stalla decidendo quando andare a mangiare e quando andare a riposarsi in cuccetta, importante ricordare che l'animale decide quando entrare nel robot di mungitura.

Lo spazio della stalla e' progettato in modo tale da consentire a ogni animale di soddisfare agevolmente i suoi bisogni senza interferire con i movimenti degli altri animali.

Un esempio puo' essere la disposizione degli abbeveratoi che di solito nelle stalle a stabulazione libera senza robot di mungitura viene posta i testa alla fila di cuccette mentre in una stalla con robot di mungitura vengono posti lontano dal robot, nel corridoio piu' ampio in testa alla fila di cuccette, cosi come mostrato in un progetto di una stralla Delaval in Belgio



In questa immagine si vede una stalla a stabulazione libera progettata da Delaval, con sensori sia sul robot di mungitura che sugli animali. L'abbeveratoio e' posto sulla corsia centrale tra le cuccette come mostrato in figura.

I sensori non possono essere utilizzati in una stabulazione fissa perche' le loro caratteristiche tecniche sono studiate per essere impiegati in una stabulazione libera o al pascolo.

Il motivo e' che ogni dispositivo per il monitoraggio dell' animale contiene al suo interno un accelerometro , il quale rileva il calore tramite un confronto tra attivita' motoria e ruminazione.

Quindi e' indispensabile una stabulazione libera e /o pascolo per l'utilizzo dei sensori.

I sensori si possono utilizzare con o senza il robot di mungitura, l'importante e' che vengano utilizzati in una stalla a stabulazione libera.

Nel settore ci sono ditte specializzate nella costruzione dei sensori, in questo testo si prenderanno in considerazione soprattutto quelli prodotti da Allflex e TDM come esempio di cio' che si puo' trovare nel mercato.

La scelta di questa ditta come esempio non e' casuale poiche' dove ho svolto il tirocinio utilizzavano collari Allflex.

### 1.10.1. Sensori per la sala di mungitura

Come accennato prima i sensori possono essere utilizzati indipendentemente dalla presenza del robot di mungitura.

Esistono sensori che consentono di mantenere la sala di mungitura e allo stesso tempo rilevare tutti i parametri che rilevarebbe un robot, di seguito un elenco di questi sensori.

### 1.10.2. Sensori per l'analisi del latte (esempio Afilab)



Sono in grado di effettuare l'analisi del latte di ogni animale in maniera automatica, ad ogni mungitura, inviando al computer i valori di grasso, proteina, lattosio e segnalando l'eventuale presenza di sangue. La tecnica di analisi si basa sulla rifrazione della luce (NIRS) e consente di leggere la composizione del latte senza utilizzare alcun tipo di reagente e senza necessità di prelevare campioni di latte da analizzare altrove. Tutto il latte di tutte le bovine viene analizzato on line ed inviato al frigorifero, senza alcun costo di analisi. Disporre di questo tipo di dati ci consente di individuare precocemente importanti malattie metaboliche tipiche delle bovine ad alta produzione (chetosi postparto e acidosi ruminale subacuta), utilizzando il variare del rapporto grasso/proteina degli animali. Anche in questo caso il software provvederà a segnalare tempestivamente gli animali che oltrepassano i livelli di allarme impostati. Un'altra importante applicazione è quella legata all'ottimizzazione della razione destinata alle bovine in lattazione. Conoscendo in tempo reale la qualità del latte munto, possiamo attuare modifiche del razionamento al fine di modificare i titoli del latte e avere modo di verificare prontamente le conseguenze reali del cambio di alimentazione. Allo stesso tempo, un cambio dei titoli del latte inaspettato, può rappresentare un immediato campanello d'allarme per un difetto della razione (errore di caricamento del carro, fornitura di mangime non conforme, nuovi alimenti introdotti con caratteristiche diverse da quelle immaginate).

### 1.10.3. Sensori per la quantità di latte

potrebbe diventare mastite (usando il dato



Il sensore si chiama lattometro e tiene sotto controllo la qualità del lavoro in sala di mungitura, la cosiddetta “routine di mungitura”, registrando ad esempio i flussi di emissione del latte dopo l’attacco del gruppo, ordine di attacco delle bovine all’interno della stessa fila e le irregolarità di mungitura (animali munti in manuale, riattacati più volte ecc.). Questi dati permettono all’allevatore di verificare la qualità della sua routine di mungitura e, se necessario, di apportare delle modifiche valutandone immediatamente le conseguenze per impostare la miglior routine che riesca a coniugare la dimensione della sala di mungitura con quella della mandria e del numero di operatori addetti alla mungitura.

Il lattometro è in grado di gestire i parametri della mungitura in maniera individuale (come ad esempio la taratura dello stacco automatico). Possiamo infatti definire dei “gruppi virtuali” di animali (primipare e pluripare, vacche che hanno appena partorito e vacche in lattazione più avanzata ecc.) e definire per ogni categoria dei parametri di mungitura differenti. Attraverso la gestione computerizzata della mandria, quando gli animali entrano in sala mungitura, il sistema provvede ad identificarli e a mungerli in maniera “personalizzata”, senza bisogno di dividerli in gruppi diversi. Non più dunque tutta la mandria munta nello stesso modo, ma categorie diverse con esigenze diverse.

#### 1.10.4 Bilancia automatica con sensori



Il sistema di pesatura automatica degli animali si colloca all'uscita della sala di mungitura, lungo il percorso di ritorno degli animali. La pesatura viene effettuata "a passaggio", cioè senza che gli animali vengano in alcun modo fermati o intrappolati. Disporre del peso di ogni animale e poterne valutare le variazioni nell'arco della lattazione, rappresenta un importante strumento di lavoro, da utilizzare al meglio combinando i dati anche con quelli della produzione di latte. oltre ai sensori per la stalla ci sono dei sensori da applicare sull' animale, di seguito andremo ad elencare una serie di sensori di uso comune che si applicano al collo, all'orecchio o al piede dell' animale.

#### 1.10.5 Sensori per la rilevazione dei calori

Nonostante l'adozione diffusa di protocolli di sincronizzazione ormonale che consentono l'inseminazione artificiale (AI) temporizzata, il rilevamento dell'estro gioca un ruolo importante nel programma di gestione riproduttiva sulla maggior parte dei caseifici negli Stati Uniti. (Fricke PM, Carvalho PD, Giordano JO, Valenza A, Lopes G Jr, Amundson MC.). Per questo è importante l'utilizzo di sensori per la rilevazione del calore, dell'attività motoria o di entrambe. Funzionano con un sensore sull' animale che trasmette i dati ad una centralina, la quale li trasmette ad un server dell' azienda, da cui si può accedere tramite PC, tablet o smartphone.

Il sensore applicato all' animale può essere un collare, un orecchino, un podometro.

Il collare può rilevare attività motoria e/o calore, la stessa cosa vale per l'orecchino, mentre il podometro registra l'attività motoria dell' animale.

Ci sono varie ditte di produzione per questi sensori per esempio: Allflex, DeLaval, Nedap, o7t Livestock Management e TDM-Afimilk

Il sensore registra l'attività motoria dell' animale, poiché quando una vacca è in calore la sua attività motoria è superiore di 2,7 volte rispetto ad una vacca non in calore.

In genere l'ovulazione avviene 29-33h dopo l'inizio dell' incremento dell' attività.

Ciò che provoca i sintomi del calore è l'ormone estradiolo prodotto dal follicolo in fase ovulatoria.

#### *1.10.5.1. Come funziona il collare*



Il collare ha un accelerometro e un contrappeso sul fondo che serve a mantenerlo in posizione, l'accelerometro rileva tutti i movimenti dell' animale, che poi vengono tradotti dal software del sistema come movimenti di: ruminazione e attività motoria.

Il collare rileva anche l'ingestione .

E' da considerare che e' stato usato e studiato su vacche al pascolo in Nuova Zelanda, con una buona percentuale di accuratezza, solo che tutti i movimenti che la vacca fa naturalmente al pascolo per levarsi le mosche e grattarsi vengono rilevati dal collare come movimenti di ruminazione.

Se in un sistema al chiuso il collare ha un accuratezza che si aggira attorno all' 80/85%, quindi e' un sistema abbastanza preciso per rilevare il calore e l'attività motoria. (Merenda VR, Figueiredo CC, González TD, Chebel RC. ) ; questa percentuale si abbassa drasticamente al pascolo.

#### *1.10.5.2. Come funziona l'orecchino*

Gli orecchini più usati e più famosi sono quelli della ditta CowManager.

L'orecchino come il collare contiene un accelerometro, questo rileva tutti i movimenti dell'animale che poi il software traduce in valori di :salute, fertilita', ruminazione e posizione dell'animale.

Il sistema e' munito di un piccolo palmare touch screen che rileva il tag dell'animale che si ha di fronte dando i dati in tempo reale.

L'orecchino della ditta Smartbow e' stato utilizzato per individuare precocemente le malattie respiratorie nei vitelli;

All'orecchio sinistro è stato attaccato un marchio auricolare dotato di accelerometro da 10 Hz (SMARTBOW, Smartbow GmbH/Zoetis LLC, Weibern, Austria) con una dimensione di 52 × 36 × 17 mm e un peso di 34 g. Tutti i vitelli (n = 508) che entravano nella stalla dello studio erano dotati del marchio auricolare circa 2–3 settimane prima del potenziale arruolamento. I dati venivano trasmessi in modalità wireless dall'ear-tag ai ricevitori (punti di parete Smartbow) ogni 4 s se un vitello era attivo e ogni 16 s se un vitello era inattivo. I dati di accelerazione registrati continuamente (dati grezzi) sono stati ulteriormente elaborati da algoritmi proprietari, originariamente sviluppati dal produttore per le mucche adulte, su un server aziendale. I dati classificati basati su questi algoritmi per stare in piedi, attivo, inattivo, altamente attivo e ruminazione sono stati presentati visivamente su un computer locale o su un dispositivo mobile e registrati nel software SMARTBOW. Tutti i parametri sono stati presentati come minuti all'ora (min/h) che l'animale ha trascorso con questa attività. Poiché gli animali potevano essere attivi, inattivi o altamente attivi, la somma di questi tre parametri era sempre di 60 minuti/h.

Si e' visto che i vitelli malati avevano una diminuzione dell'attivit  motoria. (Ramezani Gardaloud, N.; Guse, C.; Lidauer, L.; Steininger, A.; Kickinger, F.;  hlschuster, M.; Auer, W.; Iwersen, M.; Drillich, M.; Klein-J bstl, D.)

#### 1.10.5.3 Podometro



Come gli altri dispositivi rileva il calore e l'attivit  motoria dell'animale, tramite un accelerometro, i dati poi sono trasmessi ad una centralina che poi li trasmette ad un

dispositivo(PC,tablet o smartphone) in cui e' installato un software che traduce i dati in grafici facilmente consultabili.

Oltre a questo il dispositivo collegato con la centralina fornisce degli alert di inizio calore oppure avvisa qualora ci siano problemi di salute.

Queste cose vengono fatte dai podometri ma anche dai collari e dagli orecchini o ear tags.

### 1.10.6 Sensori per la rilevazione dello stress da caldo

Lo stress da caldo e' una condizione che si verifica quando i valori di THI giornalieri sono maggiori di 72 e/o le minime notturne sono maggiori di 62.

Il THI e' un indice calcolato in base a una formula matematica:

$$THI = 0.8 * T + RH * (T - 14.4) + 46.4$$

Dove:

RH= umidita' relativa espressa come proporzione

T= temperatura dell' ambiente

I collari che misurano lo stress da caldo contengono un accelerometro e un contrappeso sul fondo utilizzati per la rilevazione dei movimenti della mascella e del collo, inoltre rilevano il respiro dell' animale. Il respiro viene rilevato tramite l'accelerometro . La rilevazione del respiro e degli atti ruminali serve per stimare lo stress da caldo su ogni singolo animale.

L' accelerometro misura in mg, mentre il respiro e gli atti ruminali sono quantificabili in Hz, cioe' approssimativamente 40 fino a 70 atti per minuto, che sono gli atti di una ruminazione media, sono quantificabili come 0,66-1,2 Hz.

La misura della respirazione intesa come frequenza respiratoria, puo' essere espressa in un grafico come mg/Hz. (qbal MW, Draganova I, Morel PCH, Morris ST.)

### 1.10.7. Sensori per la rilevazione della ruminazione al pascolo

Di solito vengono utilizzati dei ruminometri applicati sul collare con un contrappeso sul fondo.

Il collare rileva gli atti ruminali minuto per minuto e li invia ad una centralina installata a massimo 500m di distanza dai collari, la centralina invia i dati ad un software installato su un dispositivo(pc, tablet o smartphone) il quale crea dei grafici di ruminazione per ogni singolo animale,tramite il grafico si possono vedere eventuali irregolarita' nella ruminazione.

Al pascolo un bovino rumina 8/12 ore al giorno mentre in stalla rumina 8/9ore.

Questo e' dovuto al fatto che al pascolo ci sono solo foraggi mentre in stalla vengono somministrati anche insilati.

### 1.10.8. Il robot di mungitura

In alcune stalle e' presente un robot di mungitura il quale ha una serie di sensori al suo interno che inglobano quelli utilizzati di solito in stalla tra cui anche una mangiatoia automatica che tramite un rilevatore legge un tag sul collo dell' animale e gli fornisce una razione personalizzata dentro il robot di mungitura.

Dentro al robot ci sono fondamentalmente due tipi di sensori quelli per la qualita' del latte e quelli per la quantita' di latte. Molto spesso viene utilizzata la tecnologia NIRS.



I sensori sono presenti anche sul carro unifed, infatti molte macchine hanno installato la tecnologia NIRS che serve per un'analisi della razione.

L'analisi NIRS rileva la percentuale di fibra (divisa in ADL e NDL) e proteina presenti nella razione.

Questa tecnologia si basa sull'impiego di radiazioni ottiche (banda spettrale nel vicino infrarosso, 700-950 nm), che attraversano gli oggetti e vengono in parte assorbite e in parte riflesse e captate da apposite fibre ottiche.

Questo permette un'analisi immediata della quantita' di fibra e di proteina presente nella razione.

Queste analisi sono importanti perche' i ruminanti sono caratterizzati dall'averne un apparato digerente molto complesso, formato da tre prestomaci (rumine, reticolo, omaso) e da uno stomaco vero e proprio (abomaso). La digestione avviene nell'abomaso ed è preceduta da una fermentazione microbica, che avviene nei prestomaci. I ruminanti possono ingerire una

notevole quantità di materiale vegetale, quasi senza masticarlo, accumulandolo nel rumine. A distanza di alcune ore dall'ingestione primaria, avviene il processo della ruminazione; riflesso mediante il quale l'animale riporta nella cavità orale il materiale vegetale per masticarlo, mescolarlo alla saliva e, una volta finemente tritato, rimandarlo nel rumine per il completamento della digestione.

All'interno del rumine si generano grazie alle fermentazioni microbiche tre acidi: quello acetico(C2), quello propionico(C3) e quello butirrico(C4) che a seconda del tipo di alimentazione hanno proporzioni diverse; con un'alimentazione prevalentemente foraggera si ha un rapporto C2:C3 = 4:1 oppure 3:1 con un'abbondante salivazione, una fermentazione lenta e una ruminazione lunga, senza particolari rischi per la salute.

In caso invece si ecceda con gli insilati con un rapporto C2:C3= 2:1, 15:1

Può succedere che si vada in acidosi ruminale, dove la ruminazione si blocca e ciò viene rilevato dai sensori che di solito tramite il software danno un alert.

Cosa succede se la razione non è ben bilanciata per una vacca da latte ?

Cioè cosa succede se non è presente almeno il 50% di fibra (in particolare lunga)

Se la razione è povera di fibra, in modo particolare lunga, si ha:

- maggiore permanere di acqua e particelle fini nel rumine
- formazione di una poltiglia che si ferma tra le papille
- riduzione del passaggio di sostanze dalla parete del rumine (diminuisce l'assorbimento ruminale)
- la parete ruminale è meno robusta perché manca lo stimolo meccanico (giovani che assumono fibra lunga fin dai primi giorni di vita sviluppano un rumine robusto e ricco di fermenti)

La carenza di fibra provoca:

mastiti, ritenzioni di placenta, zoppie, ipofertilità, acidosi cronica, con svuotamento rapido del rumine e presenza di alimenti indigeriti nelle feci, collasso puerperale, scarsa longevità

il software dei sensori rileva: quando una vacca è a terra, indicando nel grafico del singolo animale sotto la voce ruminazione e attività motoria valori prossimi allo zero.

In caso di acidosi il sensore posto sull'animale rileva il blocco della ruminazione e dà un alert.

Al carico della razione tramite il NIRS possiamo vedere le carenze della razione e eventualmente correggere la razione in base alle esigenze personali.

Ciò è possibile perché l'analisi viene fatta sulla testata di fresatura del carro miscelatore.

## 2. Esperienza di tirocinio

### 2.1. Scopo del progetto

La prova sperimentale svolta ha avuto come obiettivo principale il confronto tra una gestione tradizionale della riproduzione tramite l'utilizzo di collari, in grado di rilevare l'attività motoria degli animali appartenenti ad uno dei due gruppi oggetto della prova stessa e l'utilizzo del protocollo di sincronizzazione ormonale Double-Ovsynch, applicato invece all'altro gruppo di primipare. Lo scopo della mia tesi è stato quello di registrare i dati dei calori monitorati dai collari, in entrambi i gruppi sperimentali.

### 2.2 Materiali e metodi

Lo studio è stato fatto presso la società agricola Trestae di Luciano Toniolo, a san Giorgio in Bosco. Da maggio a ottobre 2023. Tutte le bovine, 500 capi in mungitura, sono iscritte al libro genealogico della Frisona.

La stalla è a stabulazione libera, è divisa in varie aree:

- Ufficio aziendale
- Sala di attesa
- Sala mungitura
- Sala per la cisterna del latte
- Area per le bovine in lattazione, suddivise per stadi di lattazione
- Box infermeria
- Box pre-parto, con lettiera in paglia
- Box per le bovine in asciutta.

La rimonta viene allevata in un'altra azienda chiamata: "La riviera" sempre di proprietà della famiglia Toniolo.

Sono stati utilizzati i collari Allflex, per il monitoraggio dei calori e dell'attività motoria.

Dal software dei collari abbiamo ricavato le medie di ruminazione e attività motoria del periodo che parte dal primo maggio al 30 settembre.

#### 2.2.1. Descrizione dello studio svolto

Il totale di animali scelti per la prova è di 70 capi, tutte primipare, divise nei due gruppi sperimentali.

Nelle prime settimane di prova sono comparse delle criticità legate alla composizione della razione delle bovine, che ha causato delle patologie in post partum.

Gli animali coinvolti nella prova sono stati 70, tutte primipare suddivise in due gruppi.

Un gruppo denominato A aveva un protocollo di fecondazione tradizionale, basato sulla rilevazione dei calori tramite i sensori attaccati all'animale, in questo caso un collare.

L'altro gruppo denominato D aveva un protocollo di fecondazione chiamato "Duble ovsinch lungo" basato sulla somministrazione di ormoni per il controllo del ciclo ovarico e per la sincronizzazione dei calori.

Nelle prime fasi della prova, c'è stato un problema legato alla composizione della razione delle asciutte, somministrata agli animali pre partum, che ha causato problemi nelle prime settimane post partum.

La situazione e' rientrata alla normalità dopo qualche settimana post partum, ciò però ha causato un aumento delle patologie rilevate post partum.

Dai 20 giorni post partum le bovine sono state gestite in modo identico.

Dopo il parto sono state visitate regolarmente dal veterinario aziendale, il quale diagnosticava eventuali patologie .

In caso di patologia all'animale in prova venivano attribuiti degli acronimi, che corrispondono ad un tipo particolare di patologia e alla sua gravità'.

Tutte le bovine sono state sottoposte ad una visita ginecologica tra i 20 e i 27 giorni dal parto.

Per le bovine del gruppo D in caso di patologia, non e' stato fatto nessun intervento come previsto da protocollo.

Per le bovine del gruppo A e' stato fatto un protocollo terapeutico, il cui risultato e' stato visto alla visita successiva.

Gli animali sono stati controllati ogni 7 o 15 giorni tramite visita ginecologica.

#### GRUPPO D DUBLE OVSINCH

Il protocollo Double-Ovsynch lungo ha previsto le seguenti somministrazioni:

- Giorno 0 (sabato): 1° GnRH (Presynch)
- Giorno 7 (sabato): 1° PGF (Presynch)
- Giorno 10 (martedì): 2° GnRH (Presynch)
- Giorno 17 (martedì): 1° GnRH (Breeding synch)
- Giorno 24 (martedì): 1 PGF (Breeding synch)
- Giorno 25 (mercoledì): 2° PGF (Breeding synch)

- Giorno 26 (giovedì sera): 2° GnRH (Breeding synch)
- Giorno 27 (venerdì): FA

Il protocollo e' cominciato per tutti gli animali a 46 giorni circa (con una differenza di piu' o meno 3 giorni).

Il protocollo e' terminato con la fecondazione a 73 giorni circa.

#### GRUPPO A ATTIVOMETRIA

Tra il ventesimo e il ventisettesimo giorno post partum e' stata fatta una visita ginecologica, le bovine sono state classificate in base al loro quadro uterino e ovarico.

Gli animali con una patologia uterina hanno avuto la somministrazione di una prostaglandina o comunque una medicazione uterina.

Gli animali con patologia ovarica (follicolo in assenza di corpo luteo, cisti follicolinica in assenza di corpo luteo, anaestro) sono stati supportati da una terapia vitaminica in caso di anaestro persistente.

Gli animali sono stati monitorati tramite i collari, quelli rilevati in estro oltre i 50 gg dal parto sono stati fecondati.

Gli animali non ancora in estro dopo i 70 giorni dal parto sono stati sottoposti ad un protocollo di sincronizzazione del calore, a seconda dei casi si e' scelto:

- SHORT-SYNCH in presenza di un corpo luteo maturo e di un follicolo dominante;
- OVSYNCH in presenza di un corpo luteo cavitario, giovane o di cattiva qualità.
- La prostaglandina in questi casi e' stata somministrata durante la visita della settimana successiva.

Dopo il primo intervento fecondativo gli animali sono stati sottoposti ad una visita ginecologica per diagnosticare la gravidanza tra i 28 e i 35 giorni post inseminazione.

Il software (sensehub) dei collari Allflex rileva:

#### ruminazione

- Ingestione giornaliera
- Ruminazione oraria
- Ingestione oraria
- Attività giornaliera
- Calore, con l'ora precisa di inizio e con l'indice di calore.

Eventi, intesi come : parto, ipocalcemia (vacca a terra).

Poi ci sono dei dati che vanno inseriti manualmente su ogni animale al momento dell'applicazione del collare come per esempio:

- Il gruppo di appartenenza di ogni singolo animale
- Il numero dell'animale inteso come il numero aziendale riportato sull'orecchino
- Lo stadio di lattazione al momento dell'applicazione del collare

Va inserito manualmente anche il giorno della fecondazione.

### 2.3. Dati raccolti

La tabella 1 descrive i calori registrati nei due gruppi sperimentali, tutte le bovine oggetto della prova erano munite di collare per la registrazione del calore e il numero di giorni di lattazione corrispondenti alla manifestazione dell'estro.

In questo modo è stato possibile ricavare medie e relative deviazioni standard dei giorni di lattazione (days in milk, DIM) per ogni calore registrato,

prendendo in considerazione sia le gravidanze che successivamente hanno avuto esito positivo (GRAVIDANZA SI), sia quelle con esito negativo (GRAVIDANZA NO) delle bovine appartenenti ad entrambi i gruppi sperimentali.

In entrambi i gruppi le bovine che sono tornate in calore per la terza volta sono state considerate ipofertili, mentre quelle che hanno manifestato al massimo due calori sono state considerate fertili.

Dai risultati ottenuti mostrati è emerso che nel Gruppo A la maggior parte degli animali ha manifestato il primo calore in media intorno ai 50 giorni post-partum, con una variabilità di 14 giorni [GRAVIDANZA NO:  $51.57 \pm 13.33$  (n=14)/GRAVIDANZA SI:  $48.38 \pm 14.52$  (n=13)]. Il secondo calore è invece stato registrato tra i 62 e i 63 giorni di lattazione, con una variabilità di circa 12 giorni. In questo caso, il numero delle bovine interessate è risultato minore [GRAVIDANZA NO:  $63.50 \pm 10.19$  (n=6) / GRAVIDANZA SI:  $62.25 \pm 13.29$  (n=8)].

Le bovine del Gruppo A diagnosticate gravide alla prima fecondazione sono state inseminate

in media circa  $67,18 \pm 12,09$  giorni dopo il parto, quindi, pur risultando una media apparentemente inferiore rispetto al Gruppo D (fecondazione a  $73 \pm 3$  DIM), la variabilità

rispetto al giorno di fecondazione in questo gruppo è risultata molto elevata. Anche nel caso degli animali successivamente risultati vuoti la fecondazione è stata effettuata a  $67,88 \pm 12,83$  DIM. Un eventuale ritorno in calore dopo il primo intervento fecondativo (a

87,88±11,17 DIM) è stato indice di un mancato concepimento ed ha permesso di riconoscere le 17

bovine non gravide alla prima fecondazione, che sono poi state successivamente re-inseminate su calore naturale o seguendo un eventuale protocollo di re- sincronizzazione.

Dai risultati ottenuti è emerso che la maggior parte degli animali hanno avuto il primo estro registrato tra i 46 e i 56 giorni, manifestando però una variabilità molto elevata

[GRAVIDANZA NO: 56.50±12.80 (n=12) / GRAVIDANZA SI: 46.55±17.59 (n=11)]. Il numero di animali che hanno manifestato il secondo calore è stato decisamente ridotto e i giorni di lattazione in corrispondenza dell'estro sono risultati essere molto simili a quelli del primo calore [GRAVIDANZA NO: 55.50±4.95 (n=2) /GRAVIDANZA SI: 53.33±14.61 (n=6)]

Il terzo evento calore registrato ha coinvolto un numero di animali ulteriormente inferiore rispetto ai casi precedenti. La manifestazione del comportamento estrale è avvenuta intorno ai 70 giorni, quindi in un tempo molto simile a quello scelto per la fecondazione artificiale, sia per le bovine poi risultate gravide che per quelle non gravide [GRAVIDANZA NO: 73.00 (n=1) / GRAVIDANZA SI: 68.75±8.54 (n=4).

I calori registrati dopo il primo intervento fecondativo hanno definito come non gravide le bovine che erano state inseminate. La manifestazione dell'estro si è presentata intorno ai giorni post-partum [GRAVIDANZA NO: 95.33±10.23]. Per quanto riguarda gli indici calore relativi ad ogni evento manifesto, essi si sono aggirati intorno ad una media di 90 come punteggio, con variazioni più o meno importanti a seconda dei casi.

Tabella 1. Calori registrati dai collari nei due gruppi sperimentali

	ATTIVOMETRIA (n=33)		DOUBLE-OVSYNCH (n=37)	
	NO	SI	NO	SI
<b>CALORE 1</b>	DIM: 51,57±13,33 IC: 91,80±7,71 (n=14)	DIM: 48,38±14,52 IC: 92,25±5,67 (n=13)	DIM: 56,5±12,80 IC: 94,59±1,63 (n=12)	DIM: 46,55±17,59 IC: 88,43±10,92 (n=11)
<b>CALORE 2</b>	DIM: 63,5±10,19 IC: 94,20±9,36 (n=6)	DIM: 62,25±13,29 IC: 95,99±5,92 (n=8)	DIM: 55,50±4,95 IC: 96,08±2,93 (n=2)	DIM: 53,33±14,61 IC: 90,79±9,34 (n=6)
<b>CALORE 3</b>	DIM: 76,50±6,36 IC: 99,15±0,19 (n=2)	DIM: 58,00 IC: 99,23 (n=1)	DIM: 73,00 IC: 99,26 (n=1)	DIM: 68,75±8,54 IC: 85,77±13,38 (n=4)
<b>FEC 1</b>	DIM: 67,18±12,09	DIM: 67,88±12,93	DIM: 71,63±1,67	DIM: 72,89±2,19
<b>CALORE POST-FEC</b>	DIM: 87,88±11,77 IC: 93,25±10,67 (n=17)	/	DIM: 95,33±10,23 IC: 91,91±10,09 (n=17)	/

#### 2.4. Conclusioni

Si può concludere che grazie all' utilizzo dei sistemi di monitoraggio si è potuto controllare le bovine e raccogliere i dati per fecondarle, come nel caso del gruppo A, ma anche in caso di protocollo double-ovsinch è stato utile avere il collare per monitorare i calori e decidere quale sia il momento giusto per inseminare.

La tecnologia consente all' allevatore una precisione chirurgica per quanto riguarda il controllo di ogni singolo animale, poiché ogni animale tramite i sensori è monitorato in tutte le sue attività, o quasi dipende sempre da che tipo di sensori si installano. Nella stalla "Trestae" in particolare erano installati i sensori in sala di mungitura, mentre gli animali portavano collari Allflex.

Tramite la tecnologia, è stato possibile valutare le variazioni di ruminazione e attività motoria monitorate tra diversi gruppi sperimentali: vacche primipare sottoposte al protocollo di sincronizzazione ormonale Double Ovsinch e alla rilevazione dei calori naturali.

Inoltre gli stessi parametri sono stati confrontati tra le vacche classificate come fertili o ipofertili in base all' esito della diagnosi di gravidanza alla prima fecondazione post partum.

La parte sperimentale di questa tesi ha lo scopo di valutare le variazioni di ruminazione e attività motoria monitorate tra diversi gruppi sperimentali: vacche primipare sottoposte al protocollo di sincronizzazione ormonale Double Ovsinch o alla rilevazione dei calori naturali tramite l'utilizzo dei collari. Inoltre gli stessi parametri verranno confrontati tra le vacche classificate come fertili o ipofertili in base all' esito della diagnosi di gravidanza alla prima fecondazione post partum.

### **Riferimenti Bibliografici**

- Fricke PM, Carvalho PD, Giordano JO, Valenza A, Lopes G Jr, Amundson MC. Espressione e rilevazione dell'estro nelle vacche da latte: il ruolo delle nuove tecnologie. Animale.

Maggio 2014;8 Suppl 1:134-43. doi: 10.1017/S1751731114000299. Epub 2014 28 marzo. PMID: 24680286.

- Iqbal MW, Draganova I, Morel PCH, Morris ST. Validation of an Accelerometer Sensor-Based Collar for Monitoring Grazing and Ruminant Behaviours in Grazing Dairy Cows. *Animals (Basel)*. 2021 Sep 17;11(9):2724. doi: 10.3390/ani11092724. PMID: 34573689; PMCID: PMC8471104.
- Chiara Brotto, tesi, UTILIZZO DEGLI ORMONI NELLA RIPRODUZIONE DELLE BOVINE DA LATTE:  
QUANDO SONO REALMENTE NECESSARI?  
CONFRONTO TRA SISTEMI DI MONITORAGGIO AUTOMATICO E UTILIZZO DEL PROTOCOLLO DOUBLE-OVSYNCH
- Tesi Romina Schiavo, L'UTILIZZO DI SENSORI E SISTEMI AUTOMATICI NELLA GESTIONE DELLE VACCHE DA LATTE
- Detecting Heat Stress in Dairy Cattle Using Neck-Mounted Activity Collars. Christopher Davison , Craig Michie Andrew Hamilton , Christos Tachtatzis Ivan Andonovic and Michael Gilroy
- Animal welfare implication of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture, Anders Herlin et al.

## Sitografia

- <https://youtu.be/4qLYjGkga8?si=bM7uMDq-P8CzBY4S>
- <https://www.tdm.it/project/afiact/>
- <https://www.ruminantia.it/con-sensehub-gestire-la-stalla-non-e-mai-stato-cosi-facile/>
- <https://www.google.it/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.comazoo.it/la-ruminazione-come-indicatore-di-benessere/&ved=2ahUKEwiLy5DZ-siGAxUPgv0HHWiENJIQFnoECBcQAQ&usq=AOvVaw34xPDW9f1AxBYXwqAMmlwQ>
- Veneto Agricoltura  
<https://www.venetoagricoltura.org> > ...PDF ,GESTIONE della ALIMENTAZIONE FORAGGERA dei ruminanti
- <https://www.pericoli.com/temperature-humidity-index-thi-tutto-quello-che-devi-sapere-sull039argomento/>
- <https://giardinimangimi.it/stomaci-dei-ruminanti/#:~:text=La%20ruminazione%20%C3%A8%20la%20prima,8%20%E2%80%93%2012%20ore%20al%20giorno.>
- <https://www.agrifood.tech/digital-farming/agricoltura-4-0-cose-incentivi-e-tecnologie-abilitanti>