



## Analisi e interventi migliorativi degli aspetti strutturali e gestionali della STAlla per il BENessere della bovina da LATte - LASTABEN

### Monitoraggio e valutazione delle strutture da latte



Marzo 2020



PSR LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE  
PETERRACI  
2014 2020



Regione  
Lombardia

**FEASR – Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020**  
**MISURA 1. – “Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione”**  
**SOTTOMISURA 1.2 – “Sostegno a attività dimostrative e azioni di informazione”**  
**OPERAZIONE 1.2.01 – “Progetti dimostrativi e azioni di informazione”**

**Progetto**

**Analisi e interventi migliorativi degli aspetti strutturali e gestionali della STAlla  
per il BENessere della bovina da Latte - LASTABEN**

Il progetto si è proposto di divulgare informazioni e conoscenze riguardo ai criteri progettuali per strutture di stabulazione per bovini da latte, gestione della stalla, benessere degli animali in relazione alla sostenibilità ambientale ed economica dell'allevamento.

Responsabile scientifico: prof. Giorgio Provolo

Collaboratori: dott. Gabriele Mattachini, dott.ssa Elisabetta Riva, dott. Alberto Finzi

Sito web del progetto: [costruzionirurali.unimi.it/progetto-lastaben/](http://costruzionirurali.unimi.it/progetto-lastaben/)



**PSR**  
2014 2020  
LOMBARDIA  
L'INNOVAZIONE  
METTE RADICI



**Regione  
Lombardia**

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

## Sommario

<b>Premessa</b> .....	<b>5</b>
<b>Attività svolta</b> .....	<b>5</b>
<b>Gli allevamenti oggetto di monitoraggio</b> .....	<b>7</b>
<b>Selezione e caratteristiche delle stalle</b> .....	<b>7</b>
<b>Descrizione delle aziende individuate</b> .....	<b>9</b>
Azienda Agraria didattico-sperimentale "A. Menozzi" .....	9
Azienda Agricola Bellaviti Mario .....	10
Azienda Agricola Gavazzi di Piantoni Dante Società Agricola S.S. ....	11
Società Agricola Padovani Gabriele e figli Società Semplice .....	13
Azienda Agricola Roberto Bettoni .....	14
Società Agricola Fenil Prestini di Cremonesi Tiziano e Claudio S.S. ....	15
Guarisco Società Agricola di Vincenzo e Fratelli S.S. ....	17
Lisioli Fratelli Società Semplice Agricola .....	18
<b>Metodologia di monitoraggio</b> .....	<b>19</b>
<b>Monitoraggio del comportamento</b> .....	<b>19</b>
Fotocamere temporizzate .....	19
Accelerometri .....	21
<b>Monitoraggio delle condizioni ambientali</b> .....	<b>23</b>
Data logger ambientali .....	23
Dati meteorologici .....	24
Misura della concentrazione dell'ammoniaca .....	24
Anemometro a filo caldo .....	24
Termocamera .....	25
Macchina del fumo .....	26
<b>Stato delle bovine</b> .....	<b>27</b>
Frequenza respiratoria delle bovine .....	27
Valutazione generali delle condizioni delle bovine .....	28
Analisi NIR alimento .....	29
Dati produttivi .....	29
<b>Rilievi strutturali, gestionali e produttivi</b> .....	<b>29</b>
<b>Metodologia di elaborazione dei dati raccolti</b> .....	<b>30</b>
<b>Risultati del monitoraggio</b> .....	<b>31</b>
<b>Rilievi strutturali</b> .....	<b>32</b>
<b>Condizioni ambientali</b> .....	<b>35</b>
Temperature Humidity Index .....	35
Velocità dell'aria .....	38
Concentrazione dell'ammoniaca .....	38
Analisi termografica .....	39
Movimento aria .....	40
<b>Comportamento delle bovine</b> .....	<b>40</b>
Attività comportamentali: riposo, alimentazione e in piedi (fotocamere) .....	40

Comportamento a riposo.....	43
<b>Condizione delle bovine .....</b>	<b>46</b>
Respiri al minuto .....	46
Analisi delle condizioni generali delle bovine .....	47
<b>Valutazione e confronto delle aziende .....</b>	<b>47</b>
Utilizzo del software di valutazione .....	54
<b>Conclusioni.....</b>	<b>58</b>

## Premessa

Il progetto affronta la tematica del miglioramento e dell'innovazioni nella gestione degli allevamenti lombardi di bovine da latte (produttività, qualità e sostenibilità) e si prefigge di divulgare informazioni e conoscenze riguardo ai criteri progettuali per le strutture di stabulazione per bovini da latte e alla gestione della stalla in relazione al benessere degli animali e alla sostenibilità ambientale ed economica dell'allevamento.

Nel corso del progetto si è voluto dimostrare, in stalle di diversa tipologia rappresentative della realtà lombarda, come è possibile rilevare e impiegare efficacemente le informazioni strutturali, gestionali, microclimatiche e comportamentali per il miglioramento del benessere e delle prestazioni degli animali e la riduzione delle emissioni.

Le attività del progetto sono state finalizzate a evidenziare i diversi aspetti della struttura di stabulazione che possono influenzare le condizioni di benessere delle bovine con una particolare attenzione a:

- componenti strutturali (orientamento dell'edificio, materiali delle coperture, pendenza del tetto, vicinanza con altri edifici, aperture) in relazione alle condizioni microclimatiche interne della struttura, con particolare riferimento allo stress da caldo, fenomeno che incide già notevolmente sulla produttività degli allevamenti e desta preoccupazioni in relazione al cambiamento climatico;
- aspetti funzionali e distributivi degli spazi interni alla struttura e la congruità delle attrezzature (layout della zona di stabulazione, dimensioni dei corridoi, tipo di pavimentazione, dimensioni delle cuccette e degli abbeveratoi);
- modalità gestionali della zona di stabulazione (rimozione degli effluenti, utilizzo materiale di lettiera, operazioni di mungitura, distribuzione degli alimenti, utilizzo della risorsa idrica).

Il progetto ha messo in evidenza la relazione tra gli aspetti analizzati e la sostenibilità tecnica e ambientale dell'allevamento tenendo conto dell'effetto sul benessere delle bovine e sull'impatto ambientale dell'allevamento.

Inoltre il progetto ha illustrato e dimostrato le modalità con cui possono essere rilevate le informazioni dell'allevamento utili a fornire una valutazione della rispondenza rispetto ai criteri ottimali (a esempio, rilievo dei parametri strutturali, delle condizioni microclimatiche delle diverse zone di stabulazione, del comportamento delle bovine, della condizione delle bovine, delle emissioni di ammoniaca, dell'andamento dei flussi d'aria di ventilazione).

Infine, i dati raccolti negli allevamenti durante il progetto sono stati confrontati con i criteri ottimali per evidenziare i possibili interventi migliorativi attraverso un software che consente anche di stimare il grado di influenza degli interventi proposti. Il software scaricabile da web ha anche una versione semplificata realizzata come App per sistemi mobili Android.

## Attività svolta

Il progetto ha previsto due differenti tipologie di attività una di informazione e una di dimostrazione per affrontare in modo innovativo la valutazione del benessere delle bovine e delle condizioni ambientali della stalla.

Le attività di informazione realizzate hanno esaminato gli aspetti legati alle strutture, attrezzature, condizioni ambientali, modalità gestionali senza trascurare la risposta comportamentale degli animali e la concentrazione di ammoniaca nell'aria della zona di stabulazione. Le attività, invece, di dimostrazione hanno impiegato una serie di tecniche e strumenti per effettuare un rilevamento in allevamento con criteri uniformi e risultati ripetibili. La dimostrazione delle modalità di rilievo consente di eliminare l'errore soggettivo nell'effettuazione del rilievo e nell'interpretazione dei risultati che ne derivano.

L'attività di informazione è finalizzata a integrare le conoscenze relative alle condizioni ambientali e gestionali ottimali per garantire il benessere delle bovine da latte, ridurre l'impatto ambientale e migliorare la redditività dell'allevamento.

Per questo motivo, le principali tematiche affrontate dal sottoprogetto di informazione sono state:

- il benessere della bovina da latte in relazione alle condizioni di stabulazione e di gestione;
- i criteri per la buona progettazione e gestione della stalla;
- le relazioni tra benessere e prestazioni produttive;
- le modalità di rilievo e valutazione delle condizioni strutturali, gestionali, microclimatiche della stalla e delle condizioni di benessere degli animali;
- la sostenibilità ambientale della stalla da latte in relazione alla gestione della zona di stabulazione (emissioni, uso di acqua);
- l'influenza della buona progettazione e gestione della stalla da latte sul risultato economico dell'allevamento.

L'attività informativa ha coinvolto diversi esperti del settore che hanno presentato ai diversi incontri aspetti di attualità sul benessere delle bovine da latte.

Inoltre, è stato prodotto un libretto informativo, delle schede tecniche, delle videopillole e delle presentazioni multimediali. Tutto il materiale è reperibile sul sito web del progetto a cui si rimanda per ulteriori informazioni.

L'attività di dimostrazione ha invece riguardato il monitoraggio di 8 stalle da latte lombarde in modo da rilevare i principali parametri strutturali, funzionali, gestionali, ambientali e comportamentali che possono influire sulla produttività e il benessere delle bovine. Le stalle sono state individuate tra quelle con zona di riposo a cuccette e mungitura in sala tradizionale per rappresentare il più possibile le realtà produttive oggi operanti in Lombardia. In ogni stalla è stata individuata la struttura del gruppo di animali in produzione in cui sono state effettuati i rilievi sulle caratteristiche della struttura, sulle dimensioni e tipologia delle attrezzature presenti, sulle dimensioni dei corridoi e dei passaggi per gli animali. Inoltre, sono stati valutati alcuni indici comportamentali degli animali, come il numero di animali in cuccetta, in piedi e in alimentazione, l'attività di riposo giornaliera e il numero di respiri al minuto. Al tempo stesso sono state rilevate le condizioni microclimatiche nella struttura (temperatura, umidità, velocità dell'aria) interna ed esterna.

Ogni struttura è stata monitorata in tre differenti periodi dell'anno: primavera (periodo temperato), estate (periodo caldo) e inverno (periodo freddo).

Per ogni rilievo è stato utilizzato un kit per il monitoraggio costituito da:

- Strumentazione fissa e per rilievi puntuali: fotocamere temporizzate (fototrappola), datalogger ambientali (HOBO), un anemometro, una termocamera, attrezzatura per il campionamento dell'aria (pompa e sacchetti), macchina del fumo, sensori accelerometrici e sacchetti per il campionamento dell'alimento;
- Attrezzatura di sostegno e supporto: morsetti a vite e treppiedi;

- Schede di rilievo e di monitoraggio: una per i rilievi strutturali e gestionali dell'allevamento ed una per le misure spot eseguite durante i rilievi.

I rilievi sono stati effettuati su due strutture in contemporanea per ogni periodo. Ogni rilievo in ciascuna struttura ha quindi previsto l'installazione di:

- due datalogger Hobo in due differenti zone della stalla per il rilievo in continuo di Temperatura, Umidità e Illuminamento;
- due o quattro fotocamere temporizzate per il rilievo in continuo del comportamento delle bovine;
- dieci accelerometri da applicare agli arti delle bovine per il rilievo automatico del comportamento a riposo.

Per ogni rilievo sono stati effettuati inoltre delle misurazioni dirette (rilievi spot) per raccogliere informazioni aggiuntive che la strumentazione installata in stalla non avrebbe permesso di ottenere. Questi rilevamenti sono relativi alla velocità dell'aria, a rilievi termografici, al movimento dell'aria mediante utilizzo della macchina del fumo, alla concentrazione dell'ammoniaca e al campionamento dell'alimento. I rilievi diretti sono stati effettuati durante ciascun rilievo all'arrivo in azienda durante l'installazione e il posizionamento degli strumenti e, a distanza di 7 giorni, al momento della disinstallazione e recupero della strumentazione.

Questo report riporta il dettaglio della metodologia utilizzata per il monitoraggio delle stalle, che costituisce anch'essa un prodotto del progetto, e una sintesi dei risultati ottenuti, mettendo a confronto le diverse stalle coinvolte nelle attività di rilievo.

L'attività di dimostrazione ha previsto anche momenti operativi in azienda, con il coinvolgimento di allevatori e tecnici, con cui sono state condivise le modalità di raccolta dei dati, di utilizzo della strumentazione e la tipologia di risultati ottenibili.

## Gli allevamenti oggetto di monitoraggio

### Selezione e caratteristiche delle stalle

Il progetto ha preso in esame 8 strutture di stabulazione per bovine da latte, nelle quali sono stati effettuati il rilievo degli aspetti strutturali e distributivi, del comportamento degli animali e delle condizioni micro-ambientali nella zona di stabulazione.

Per quanto riguarda la selezione delle aziende è stato valutato opportuno suddividere il territorio lombardo in 4 zone significative e individuare 2 aziende per zona possibilmente con caratteristiche diverse dal punto di vista strutturale in modo da poter effettuare i rilievi in contemporanea e poterne confrontare le prestazioni. Le quattro zone individuate sono:

1. Provincia di Milano-Pavia-Lodi;
2. Provincia di Bergamo;
3. Provincia di Brescia;
4. Provincia di Cremona e Mantova.

Tutte le 8 strutture prese in esame sono caratterizzate dalla stabulazione libera con zona di riposo a cuccette e mungitura tradizionale con sala, assenza di aree scoperte come paddock esterni e con una consistenza zootecnica, in termini di numero di bovine in lattazione, il più possibile vicino alla media della Provincia di appartenenza in modo da essere rappresentative delle dimensioni degli allevamenti per ogni zona individuata (Figura 1).

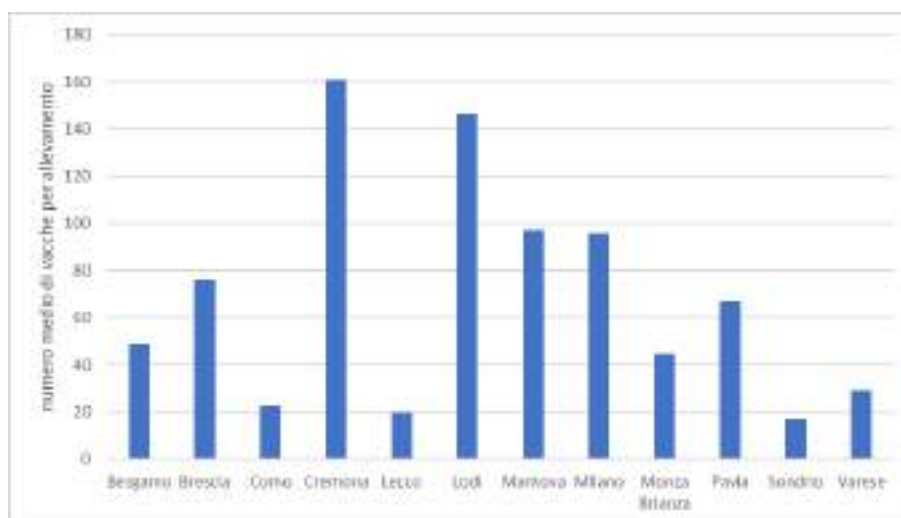


Figura 1 – Numero medio di vacche da latte negli allevamenti lombardi (Pretolani & Rama, 2019)

Dopo una prima fase del progetto di sopralluoghi aziendali, le aziende selezionate sono le seguenti (Figura 2):

- Azienda didattico-sperimentale “A. Menozzi”, Cascina Marianna, Landriano (PV);
- Azienda Agricola Bellaviti Mario, Cascina Lurani, via Bascapè, 2 Caselle Lurani (LO);
- Azienda Agricola Gavazzi di Piantoni Dante Società Agricola S.S., Via Ricengo, Casale Cremasco-Vidolasco (CR);
- Padovani Gabriele & Figli Soc. Agricola, Cascina Bondenta 1, Casaletto Vaprio (CR);
- Azienda Agricola Lisioli, Via Fossa 34, Lonato del Garda (BS);
- Società Agricola Guarisco, Località Lurago 1, Rezzato (BS);
- Azienda Agricola Bettoni, Cascina Colombara, Bordolano (CR);
- Società Agricola Fenil Prestini di Cremonesi Tiziano e Claudio, Cascina Prestini, Verolavecchia, frazione Villanuova (BS).



Figura 2 – Localizzazione delle 8 aziende oggetto del monitoraggio



Per ogni allevamento è stata individuata la zona di monitoraggio relativa a un gruppo di animali con una consistenza che varia da 35 a 140 capi e una produzione di latte da 29 a 40 kg di latte per capo al giorno.

## Descrizione delle aziende individuate

### Azienda Agraria didattico-sperimentale “A. Menozzi”

L’Azienda Agraria Didattico-Sperimentale “Angelo Menozzi” è situata nella Cascina Marianna nel Comune di Landriano in Provincia di Pavia (Figura 3). L’azienda agricola, di proprietà dell’Università degli studi di Milano, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico. L’azienda è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 60 ha in proprietà, interamente pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato pastone e granella, erba medica, graminacee da foraggio e soia da foraggio. Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino è costituito da animali da latte con circa 200 capi totali di razza frisona, pezzata rossa e Jersey e 90 bovine in lattazione.



Figura 3 – Foto aerea dell’azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata

L’azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione e del numero dei parti, in tre gruppi di mungitura. L’azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 8:30 e alle 21:00. La sala di mungitura (DeLaval, 2010) è a spina di pesce (7+7) con una produzione di latte media di stalla di 29 kg/capo al giorno. L’azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte una volta al giorno al mattino per tutto l’anno.

La stalla delle bovine in lattazione, recentemente ristrutturata e costituita da un due corpi speculari con un orientamento nord-ovest/sud-est, è a stabulazione libera con cuccette con materassino. All’interno della stalla sono stabulate 90 bovine in lattazione e parte della rimonta. La zona monitorata durante il progetto è una parte della struttura (circa il 40% dell’area di stabulazione ristrutturata) che comprende 3 file di cuccette, 1 zona di

alimentazione, 2 corridoi e 1 corsia di foraggiamento. La zona stabulativa ha la pavimentazione piena rivestita di gomma con sistema di rimozione degli effluenti di allevamento con raschiatore. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da doccette nella zona di alimentazione (Figura 4).



*Figura 4 – Foto della struttura dell'azienda e zona monitorata*

#### Azienda Agricola Bellaviti Mario

L'Azienda Agricola Bellaviti Mario è situata nella Cascina Lurani all'interno del Comune di Caselle Lurani in Provincia di Lodi (Figura 5). L'azienda agricola, di proprietà di Bellaviti Mario, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico. L'azienda è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 200 ha in proprietà, interamente pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato, graminacee da foraggio e prato stabile.



*Figura 5 – Foto aerea dell'azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino è costituito da animali da latte con circa 630 capi totali di razza frisona e 260 bovine in lattazione. L'azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione, in due gruppi di mungitura: un primo gruppo di bovine fresche dopo il parto-inizio lattazione e un secondo gruppo di bovine da metà-fine lattazione. L'azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 5:30 e alle 16:30. La sala di mungitura (Dairymaster del 2009) è disposta in parallelo (SWIFFFLO, 20+20) per la mungitura posteriore con sistema di gestione del traffico animali e cancelli selezionatori. La produzione di latte media di stalla è di 32 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte una volta al giorno al mattino per tutto l'anno.

La stalla delle bovine in lattazione, realizzata recentemente (2009) e costituita da un unico corpo con un orientamento ovest-sud/est-nord, è a stabulazione libera con cuccette a buca e utilizzo di paglia o stocchi di mais come materiale di lettiera. All'interno della stalla sono stabulate 260 bovine in lattazione e parte della rimonta. La zona stabulativa ha la pavimentazione piena con sistema di rimozione degli effluenti di allevamento a ruspetto, ed è dotata di un sistema di ventilazione forzata. La zona monitorata durante il progetto è localizzata all'interno della struttura e comprende il 50% della superficie totale della stabulazione. La zona è caratterizzata da 3 file di cuccette (una fila doppia e una fila delle cuccette centrali), un corridoio, una zona di alimentazione e una corsia di foraggiamento indipendente (Figura 6).



*Figura 6 – Foto della struttura dell'azienda e zona monitorata*

#### **Azienda Agricola Gavazzi di Piantoni Dante Società Agricola S.S.**

L'Azienda Agricola Gavazzi di Piantoni Dante Società Agricola è situata nel Comune di Casale Cremasco, Vidolasco in Provincia di Cremona (Figura 7). L'azienda agricola, di proprietà di Piantoni Dante, ha un ordinamento produttivo foraggiero-zootecnico. L'azienda è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 65 ha, interamente pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato e granella, erba medica, graminacee da foraggio e prato stabile.



*Figura 7 – Foto aerea dell’azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino è costituito da bovini da latte con circa 800 capi totali di razza frisona e 300 bovine in lattazione. L’azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione e del numero dei parti, in cinque diversi gruppi di mungitura. L’azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 2:20 e alle 14:10. La sala di mungitura (DeLaval del 1995) è a spina di pesce (10+10) con una produzione di latte media di stalla di 32 kg/capo al giorno. L’azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte due volte al giorno al mattino per tutto l’anno.

La stalla delle bovine in lattazione, realizzata nel 2000, è costituita da un’unica struttura portante con un orientamento ovest/est, ed è a stabulazione libera con cuccette e materassino e utilizzo di separato solido di digestato come materiale di lettiera. All’interno della stalla sono stabulate 70 bovine in lattazione. La zona monitorata durante il progetto è caratterizzata da 2 file di cuccette (a groppa a groppa), un corridoio, una zona di alimentazione, e una corsia di foraggiamento indipendente. La zona stabulativa ha la pavimentazione forata, ed è dotata di un sistema di ventilazione forzata (Figura 8).



*Figura 8 – Foto della struttura dell’azienda e zona monitorata*

## Società Agricola Padovani Gabriele e figli Società Semplice

La Società Agricola Padovani Gabriele e figli Società Semplice è situata nella Cascina Bondenta nel Comune di Casaleto Vaprio in Provincia di Cremona (Figura 9). L'azienda agricola, di proprietà dei fratelli Padovani, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico. L'azienda è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 120 ha per la gran parte in proprietà, interamente pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato, erba medica, graminacee da foraggio (Loietto) e prato stabile.



Figura 9 – Foto aerea dell'azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata

Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino è costituito da animali da latte con circa 900 capi totali di razza frisona e 400 bovine in lattazione. L'azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione e del numero dei parti, in tre gruppi di mungitura. L'azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 3:30 e alle 15:30. La sala di mungitura (Tecnozoo) è a spina di pesce (14+14) con una produzione di latte media di stalla di 41 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte due volte al giorno (una volta al mattino e una nel pomeriggio).

La stalla delle bovine in lattazione è stata recentemente realizzata (giugno 2017) ed è adiacente alle strutture per bovine in lattazione esistenti. La nuova struttura, costituita da un unico corpo con orientamento ovest-sud/est-nord, è a stabulazione libera con cuccette e materassino con utilizzo di paglia pellettata come materiale da lettiera. All'interno della stalla sono stabulate 140 bovine in lattazione e parte della rimonta aziendale. La zona monitorata durante il progetto è localizzata all'interno della struttura e comprende circa il 35% della superficie totale di stabulazione. La zona monitorata è caratterizzata da 2 file di cuccette (a groppa a groppa), un corridoio, una zona di alimentazione, e una corsia di foraggiamento. La zona stabulativa ha la pavimentazione piena con sistema di rimozione degli effluenti di allevamento con raschiatore. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da doccette nella zona di alimentazione (Figura 10).



*Figura 10 – Foto della struttura dell’azienda e zona monitorata*

### Azienda Agricola Roberto Bettoni

L’Azienda Agricola Roberto Bettoni è situata in Cascina Colombera nel Comune di Bordolano in Provincia di Cremona (Figura 11). L’azienda agricola, di proprietà di Bettoni Roberto, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico.



*Figura 11 – Foto aerea dell’azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

L’azienda è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 50 ha, pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato e pastone, loietto e graminacee da foraggio, erba medica e prato stabile. Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino è costituito da animali da latte con circa 270 capi totali di razza frisona, pezzata rossa e Jersey e 100 bovine in lattazione. L’azienda gestisce gli animali in gruppi dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione, in due gruppi di

mungitura di uguale dimensione. L'azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 13:00 e alle 1:00. La sala di mungitura (Alfa Laval) è a spina di pesce (6+6) con una produzione di latte media di stalla di 32 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte una sola volta al giorno al mattino per tutto l'anno.

La stalla delle bovine in lattazione, costituita da un unico corpo con un orientamento sud-est/nord-ovest adiacente ad un'altra struttura, è a stabulazione libera con cuccette a buca e utilizzo di sabbia come materiale di lettiera. All'interno della stalla sono stabulate 110 bovine in lattazione. La zona monitorata durante il progetto è localizzata all'interno della struttura e comprende circa la metà della superficie totale della stabulazione. La zona monitorata è caratterizzata da 3 file di cuccette (una fila doppia testa-testa e una fila singola), un corridoio, una zona di alimentazione e una corsia di foraggiamento. La zona stabulativa ha la pavimentazione piena rigata con sistema di rimozione degli effluenti di allevamento con raschiatore. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da doccette nella zona di alimentazione (Figura 12).



*Figura 12 – Foto della struttura dell'azienda e zona monitorata*

### **Società Agricola Fenil Prestini di Cremonesi Tiziano e Claudio S.S.**

La Società Agricola Fenil Prestini di Cremonesi Tiziano e Claudio è situata nella Cascina Fenil Prestini nel Comune di Verolavecchia, Frazione Villanuova in Provincia di Brescia (Figura 13). L'azienda agricola, di proprietà di Cremonesi Claudio e Tiziano, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico. L'azienda è costituita da due corpi aziendali produttivi con una superficie totale di circa 63 ha, pianeggianti e irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato e pastone, graminacee da foraggio e erba medica.

Per quanto riguarda il settore zootecnico il patrimonio bovino dell'azienda è costituito da animali da latte con circa 470 capi totali di razza frisona e 215 bovine in lattazione. L'azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione e del numero dei parti, in tre differenti gruppi di mungitura. L'azienda pratica 2 mungiture rispettivamente alle 2:30 e alle 14:30. La sala di mungitura (Dairymaster del 2009) è parallela (SWIFFLO, 18+18) per la mungitura posteriore con sistema di gestione del traffico animali e cancelli selezionatori. La produzione di latte media di stalla è di 35.5 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte una volta al giorno al mattino.



*Figura 13 – Foto aerea dell'azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

La stalla delle bovine in lattazione è stata realizzata nel 2005 ed è adiacente alle strutture per bovine in lattazione esistenti. La struttura, costituita da un unico corpo con orientamento est-ovest, è a stabulazione libera con cuccette e materassino con utilizzo di paglia trinciata come materiale da lettiera. La zona monitorata durante il progetto corrisponde alla struttura e comprende l'intera superficie di stabulazione. La zona monitorata è caratterizzata da 3 file di cuccette (una fila doppia testa-testa e una fila singola), un corridoio, una zona di alimentazione e una corsia di foraggiamento indipendente. La fila singola fa parte di una doppia fila testa-testa condivisa con un altro gruppo di mungitura. All'interno della stalla sono stabulate 100 bovine in lattazione. La zona stabulativa ha la pavimentazione piena rigata con sistema di rimozione degli effluenti di allevamento con raschiatore. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da doccette nella zona di alimentazione e nebulizzatori nella zona di riposo (Figura 14).



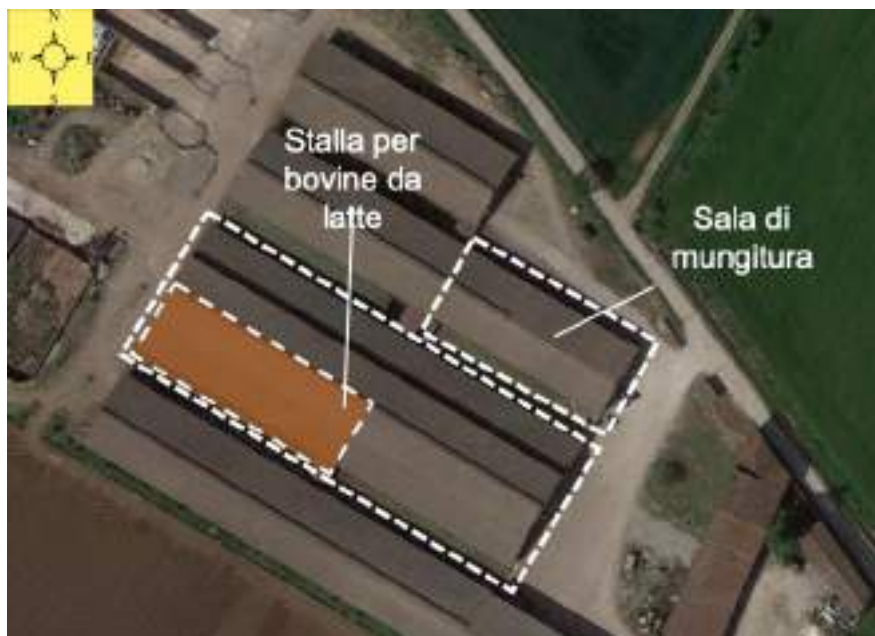
*Figura 14 – Foto della struttura dell'azienda e zona monitorata*



## Guarisco Società Agricola di Vincenzo e Fratelli S.S.

La Guarisco Società Agricola di Vincenzo e Fratelli è localizzata nella Cascina Lurago nel Comune di Rezzato in Provincia di Brescia (Figura 15). L'azienda agricola, di proprietà dei fratelli Guarisco, ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico.

L'azienda è costituita da un corpo unico aziendale produttivo con una superficie totale di circa 140 ha, pianeggianti e prevalentemente irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato, erba medica, graminacee da foraggio (sorgo e frumento insilato) e prati stabili. Per quanto riguarda il settore zootecnico l'azienda alleva circa 800 capi totali di razza frisone di cui 370 bovine in lattazione. L'azienda gestisce gli animali in gruppi misti dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione e del numero dei parti, in tre differenti gruppi di mungitura. L'azienda effettua 2 mungiture rispettivamente alle 4:00 e alle 15:30. La sala di mungitura (Delaval 2008) è parallela (24+24) con ampia sala di attesa e sistema di gestione del traffico degli animali e cancelli selezionatori. La produzione di latte media di stalla è di 32 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte una volta al giorno alle 5:30 in concomitanza del rientro delle bovine dalla mungitura.



*Figura 15 – Foto aerea dell'azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

La stalla delle bovine in lattazione è stata realizzata nel 2008 ed è costituita da un unico corpo con orientamento nord-ovest/est-sud. La struttura è a stabulazione libera con cuccette e materassino con utilizzo di paglia trinciata come materiale da lettiera. All'interno della stalla sono stabulate tutte le 370 bovine in lattazione. La zona monitorata durante il progetto è localizzata all'interno della struttura e comprende circa il 25% della superficie totale della stabulazione. La zona monitorata è caratterizzata da 3 file di cuccette (una fila doppia testa-testa e una fila singola), un corridoio, una zona di alimentazione e una corsia di foraggiamento centrale. La zona stabulativa è caratterizzata dalla pavimentazione forata/fessurata con vasche di prima raccolta degli effluenti. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da nebulizzatori nella zona di alimentazione (Figura 16).



*Figura 16 – Foto della struttura dell’azienda e zona monitorata*

### Lisioli Fratelli Società Semplice Agricola

L’Azienda Lisioli Fratelli Società Semplice Agricola è ubicata in Cascina Fossa nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia (Figura 17). L’azienda agricola ha un ordinamento produttivo cerealicolo-zootecnico è costituita da un unico corpo aziendale produttivo con una superficie totale di circa 65 ha, pianeggianti e prevalentemente irrigui coltivati a mais per la produzione di trinciato e granella, graminacee da foraggio, erba medica e prati stabili.



*Figura 17 – Foto aerea dell’azienda con evidenziata la zona di stabulazione monitorata*

Per quanto riguarda il settore zootecnico, l’allevamento è costituito da animali da latte con circa 350 capi totali di razza frisona e Bruna, di cui 150-170 bovine in lattazione. L’azienda gestisce gli animali produttivi in gruppi dividendo le bovine, in funzione dei giorni di lattazione

e del numero dei parti, in tre gruppi di mungitura. L'azienda effettua 2 mungiture al giorno, rispettivamente alle 13:30 e alle 1:30. La sala di mungitura (Afikim/Tecnozoo, anni '80) è a spina di pesce (6+6) con una produzione di latte media di stalla di 31 kg/capo al giorno. L'azienda distribuisce la razione alimentare (unifeed) alle bovine da latte due volte al giorno, alle 7:00 e alle 11:00 del mattino.

La stalla delle bovine in lattazione, costituita da un unico corpo con un orientamento ovest/est, è a stabulazione libera con cuccette a buca e utilizzo di paglia come materiale di lettiera. All'interno della stalla sono stabulate 75 bovine in lattazione. La zona monitorata durante il progetto corrisponde alla struttura ed è caratterizzata da 3 file di cuccette (1 fila doppia testa-testa e una fila singola), un corridoio, una zona di alimentazione, e una corsia di foraggiamento indipendente. La pavimentazione della zona di alimentazione è forata/fessurata mentre il corridoio della zona di riposo è piena rigata con sistema di rimozione degli effluenti con raschiatore. La struttura è dotata di un sistema di ventilazione forzata e di un sistema di raffrescamento costituito da nebulizzatori (Figura 18).



*Figura 18 – Foto della struttura dell'azienda e zona monitorata*

## Metodologia di monitoraggio

Le attività svolte nella fase di monitoraggio delle aziende hanno previsto l'utilizzo di diversi strumenti e tecniche per i parametri rilevati.

Le tecniche descritte sono facilmente riproducibili in altre aziende e quindi utilizzabili per la valutazione delle strutture di stabulazione in diversi contesti.

### Monitoraggio del comportamento

Durante i rilievi è stato monitorato anche il comportamento delle bovine mediante due differenti metodologie: osservazione diretta degli animali nel corso della giornata rilevando le principali attività delle stesse (riposo, alimentazione, abbeverata, inattive) utilizzando delle fotocamere temporizzate e tramite registrazione automatica delle attività degli animali durante la giornata mediante impiego di accelerometri applicati a 10 animali nel gruppo di animali in produzione.

#### Fotocamere temporizzate

Le fotocamere temporizzate (Figura 19) utilizzate durante il progetto sono fotocamere digitali o foto trappole a basso costo, che attraverso un software di gestione, permette di effettuare scatti a intervalli di tempo prefissati. Le fotocamere sono dotate di tecnologia

infrarossi e sono impermeabili (IP66). Catturano immagini di alta qualità e di risoluzione fino a 12 megapixel (in bianco e nero di notte). Sono caratterizzate da un basso consumo e sono dotate da un supporto SD memory card fino a 32GB. Infine, le fotocamere sono dotate di uno schermo LCD da 2,4" per mostrare la durata della batteria, la visualizzazione delle immagini registrate, e programmare le modalità di funzionamento e di cattura delle immagini. Le fotocamere, alimentata con 4 o 8 batterie LR6 (AA), sono state programmate per effettuare una fotografia ogni 10 minuti e successivamente salvarla all'interno della SD memory card. Ogni immagine apparirà con l'ora e la data e il numero di serie utile per la successiva elaborazione. Durante i rilievi le fotocamere sono state installate (Figura 19) in modo da inquadrare la zona di stabulazione da due o quattro punti opposti della struttura e consentire che l'unione delle loro foto scattate nel medesimo istante fornisca il quadro complessivo della struttura stabulativa monitorata. Durante l'installazione si è cercato di installare le fotocamere nel punto più alto possibile, in modo tale da avere un campo visivo più ampio. Durante il posizionamento le maggiori difficoltà riscontrate sono state la presenza di ostacoli, zone poco illuminate e strutture particolarmente basse. Queste problematiche sono state più evidenti nel primo rilievo, mentre in quelli successivi si è provveduto solamente dove necessario a una correzione dell'angolazione della fotocamera, sulla base delle foto del rilievo precedente.



*Figura 19 – Fotocamere temporizzate utilizzate e loro installazione in stalla*

L'analisi delle immagini raccolte durante ogni periodo e per le 8 strutture monitorate è consistita nella visualizzazione delle fotografie scattate, ad intervalli di 60 minuti, attraverso un software appositamente creato, che affianca le fotografie scattate nello stesso orario dalle fotocamere installate nella stalla, ottenendo così la visione completa della zona di stabulazione monitorata (Figura 20). Tutte le coppie di immagini così ottenute sono state analizzate valutando il numero di bovine impegnate nelle diverse attività: in alimentazione o abbeverata, in riposo in cuccetta e inattive in piedi. La stima del numero di bovine occupate in una determinata attività è stata eseguita rilevando la posizione di ogni animale all'interno della zona di stabulazione e associando quella posizione con una precisa attività. Questo tipo di rilevamento permette di acquisire per ogni giorno una serie di dati che esprimono la variazione del comportamento del gruppo di bovine durante la giornata. Oltre a queste attività principali durante l'analisi del comportamento sono stati rilevati anche altri comportamenti da parte delle bovine come ad esempio lo stazionamento all'interno della cuccetta con tutti i quattro arti oppure il Perching, quando le bovine hanno gli arti anteriori in cuccetta e quelle posteriori in corsia. I dati ottenuti da questa analisi sono stati utilizzati per calcolare tre diversi indici comportamentali che esprimono la variazione del comportamento del gruppo di bovine durante la giornata. La percentuale delle bovine in riposo in cuccetta è stata utilizzata per rappresentare un indice di comfort delle bovine per valutarne il benessere, la percentuale delle bovine in piedi è stata utilizzata per valutare il grado di stress dei bovini, mentre per valutare la propensione delle bovine ad alimentarsi e abbeverarsi è stata utilizzata la percentuale delle bovine in alimentazione e abbeverata.



Figura 20 – Esempio di analisi delle immagini delle fotocamere per ottenere la suddivisione degli animali nelle diverse attività

### Accelerometri

L'HOBO® Pendant G Acceleration Data Logger (Figura 21) è un data logger impermeabile integrato con un accelerometro tri-assiale che può registrare fino a circa 21.800 accelerazioni sull'asse x, y, e z. I dispositivi utilizzati sono stati fissati all'arto posteriore sinistro delle bovine all'altezza del garretto con il supporto di cinturino in materiale plastico, in una posizione tale che l'asse x è quasi perpendicolare al terreno quando l'animale è fermo in posizione eretta.



Figura 21 – Accelerometri utilizzati e loro collocazione sulle bovine

I data logger HOBO utilizzano un modulo base ottico con interfaccia USB per il trasferimento dei dati al personal computer. I dati trasferiti sono stati gestiti dal software Onset HOBOWare che converte ogni singola lettura dell'accelerazione in gradi di inclinazione e in seguito li esporta in un foglio di calcolo. Per ogni periodo e in ogni struttura sono state selezionate 10 bovine all'interno del gruppo che sono state monitorate per un periodo di 7 giorni. I dati registrati dai dispositivi per il rilievo automatico del comportamento sono stati utilizzati per calcolare diversi parametri di valutazione del comportamento individuale giornaliero delle bovine. Sono stati determinati i seguenti parametri: il tempo a riposo (ore/giorno) che quantifica il numero di ore che l'animale spende a riposo giornalmente; il tempo in piedi (ore/giorno); il numero di volte al giorno che l'animale si alza e si sdraia in cuccetta (n/giorno); e la durata media, minima e massima di ogni evento di riposo (Figura 22).

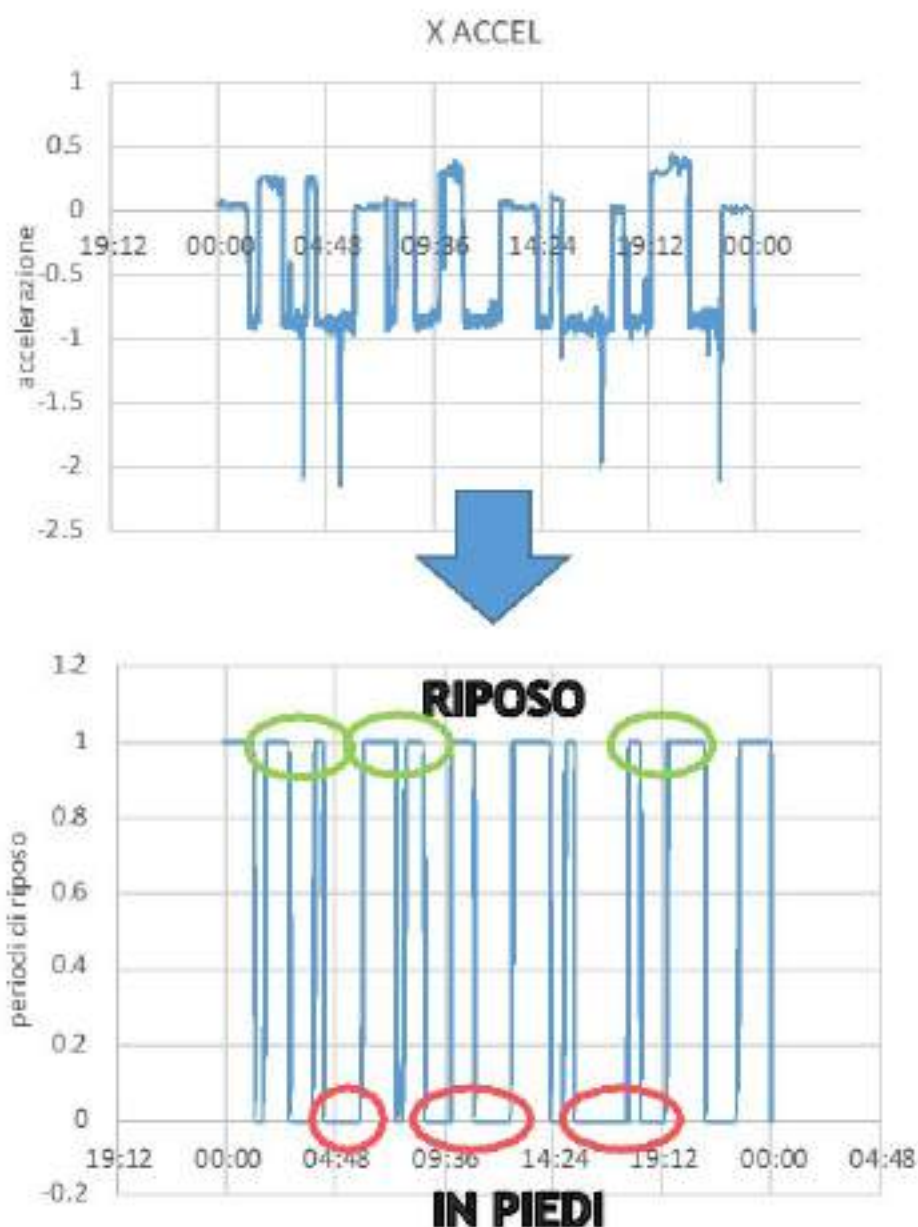


Figura 22 – Esempio di tracciato dell'accelerometro (sopra) e sua elaborazione per ottenere i momenti in cui l'animale è in piedi o a riposo (sotto).

## Monitoraggio delle condizioni ambientali

Durante i rilievi è stato realizzato il monitoraggio delle condizioni ambientali, in particolare per la misura della temperatura (°C) e dell'umidità relativa (%) per calcolare il THI come indice di valutazione delle condizioni interne all'edificio di stabulazione. Oltre al THI sono stati rilevati: l'illuminamento, la velocità dell'aria, la concentrazione dell'ammoniaca, le caratteristiche termografiche delle strutture e la ventilazione naturale della stalla mediante macchina del fumo del movimento dell'aria all'interno della stalla.

## Data logger ambientali

I parametri climatici sono stati misurati con dei data logger (HOBO U12, Temp/RH/Light/External Data Logger) posizionati tra le file delle cuccette e nella corsia di alimentazione ad una altezza di circa 2 m (Figura 23), in modo da non essere raggiunti dagli animali e sufficientemente lontani dagli elementi strutturali. I data logger hobo U12 utilizzati permettono di rilevare temperatura (°C), umidità (%UR) e illuminamento (lux) e sono dotati di canale esterno in modo da poter essere collegati a un altro sensore. Hanno batteria al litio di durata 1 anno e capacità di memoria di 64 k bytes, pari a 43000 registrazioni. Il software Greenline della Onset permette una veloce lettura dei dati registrati e il salvataggio degli stessi anche in formato Microsoft Excel. Sono stati posizionati 2 data logger per ogni struttura e nei 3 periodi di rilievo. Rispetto alle fotocamere l'installazione dei sensori ambientali è stata più semplice: per ogni struttura sono stati posizionati 2 sensori HOBO in ogni periodo di rilievo. I data logger HOBO sono stati programmati per effettuare le registrazioni dei parametri con una frequenza di 10 minuti.



Figura 23 – data logger per la registrazione dei dati microclimatici e loro installazione in stalla

Per valutare in modo sintetico le condizioni ambientali è stato utilizzato il Temperature Humidity Index (THI), indice frequentemente utilizzato in letteratura che prende in considerazione la temperatura e l'umidità dell'aria. Per determinare il THI, è stata utilizzata la seguente equazione:

$$THI = t_{ba} + 0.36 t_{pr} + 41.2$$

dove  $t_{ba}$  = temperatura del bulbo asciutto (°C) e  $t_{pr}$  = temperatura del punto di rugiada (°C).

## Dati meteorologici

Al fine di poter confrontare i dati delle condizioni ambientali raccolti all'interno di ogni struttura monitorata con i dati esterni sono state individuate le centraline ARPA più vicine alle 8 strutture monitorate durante il progetto e sono stati utilizzati i dati, relativi ai periodi di rilievo di 6 stazioni meteorologiche, presenti nelle differenti province interessate dai rilievi. Dove possibile si è cercato di utilizzare i dati di più centraline Arpa mediati tra loro, così da correggere le eventuali mancanze di registrazione e ottenere valori rappresentativi. I dati meteorologici della rete di Arpa Lombardia sono scaricabili gratuitamente dal sito internet <https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Richiesta-dati-misurati.aspx> compilando l'apposito form.

Sono stati utilizzati i dati orari relativi a: Precipitazione, Temperatura, Velocità e Direzione del Vento, Umidità Relativa, Radiazione Globale e Radiazione Netta.

## Misura della concentrazione dell'ammoniaca

La misurazione della concentrazione dell'ammoniaca è stata effettuata mediante campionamento dell'aria durante i rilievi nella struttura di stabulazione (Figura 24). Il campionamento ha previsto il prelievo di un campione di aria utilizzando una piccola pompa portatile e dei Bag in film plastico. Successivamente, i campioni di aria sono stati portati in laboratorio e analizzati mediante un analizzatore di gas specifico per l'ammoniaca basato su tecnologia laser. Per ogni rilievo è stato fatto un campionamento dell'aria in due punti diversi della struttura nei corridoi di passaggio degli animali ad un'altezza di circa 50 cm, a livello della posizione del capo di una bovina coricata in cuccetta.



*Figura 24 – Raccolta di un campione di aria in stalla (a sinistra) e sua analisi in laboratorio (a destra)*

## Anemometro a filo caldo

La misurazione della velocità dell'aria è stata effettuata per mezzo di un anemometro a filo caldo, che fornisce la velocità media dell'aria in un intervallo di tempo di 1 minuto (Figura 25). Il rilievo è stato fatto in tre differenti punti della corsia di alimentazione lungo due diverse direzioni: parallelamente e perpendicolarmente alla rastrelliera. I rilievi della velocità dell'aria sono stati effettuati durante ciascun rilievo all'arrivo in azienda durante l'installazione e il posizionamento degli strumenti e, a distanza di 7 giorni, al momento dello smontaggio e recupero della strumentazione.





Figura 25 – Utilizzo dell'anemometro a filo caldo in stalla

### Termocamera

In ogni rilievo durante l'installazione e il posizionamento degli strumenti e al momento dello smontaggio e recupero della strumentazione sono stati effettuati anche i rilievi termografici mediante l'utilizzo di una termocamera. La termocamera è una particolare telecamera, sensibile alla radiazione infrarossa, capace di ottenere delle immagini o riprese termografiche (Figura 26).

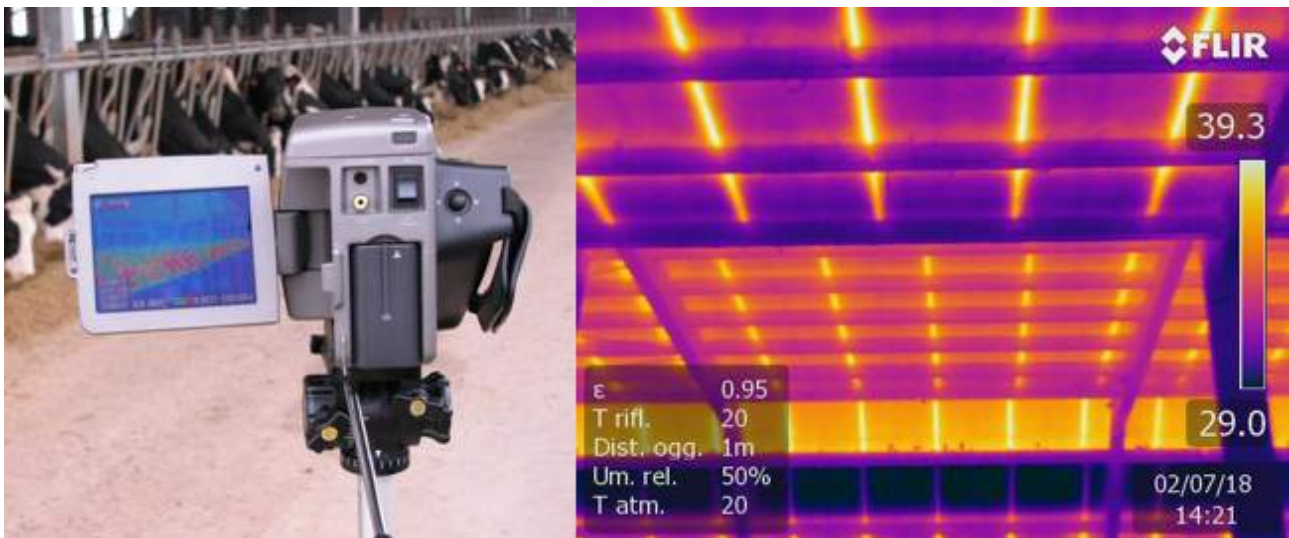


Figura 26 – Termocamera utilizzata durante il monitoraggio (a sinistra) ed esempio di una immagine termica (a destra)

Grazie a queste immagini, a partire dalla radiazione rilevata dalla termocamera si ottengono dunque delle mappe di temperatura delle superfici esposte consentendo di misurare il valore di temperatura assoluto di ogni punto dell'immagine. Oltre l'immagine termica, la termocamera utilizzata, per facilitare la successiva analisi, permette anche di realizzare una fotografia nello spettro del visibile della superficie oggetto del rilievo. Durante i rilievi sono state fatte effettuate immagini termiche di diverse parti della struttura di stabulazione. In particolare, il monitoraggio ha previsto l'analisi termografica in tre punti differenti della struttura monitorata dei seguenti elementi (Figura 27):

- Copertura;
- Pavimentazione della corsia di alimentazione;
- Pavimentazione del corridoio della zona di riposo;
- Cuccetta



Figura 27 – Utilizzo della termocamera in stalla per il rilevamento della temperatura del fondo della cuccetta

Successivamente, le immagini termiche sono state analizzate ed elaborate rilevando la temperatura media di una superficie delimitata di ogni immagine in modo da confrontare le temperature rilevate tra i diversi elementi monitorati (Figura 28).



Figura 28 – Esempio di elaborazione dell'immagine termica per determinare la temperatura delle superfici

### Macchina del fumo

Oltre al rilevamento della velocità dell'aria, durante il monitoraggio è stato anche valutato il movimento dell'aria all'interno della struttura monitorata utilizzando una macchina che produce fumo. La macchina del fumo è un'apparecchiatura elettromeccanica per la creazione di effetto fumo scenografico che può produrre in modo continuativo fumo uniforme, inodore e per una lunga durata. Come per la velocità dell'aria il rilevamento è stato effettuato in tre differenti punti della corsia di alimentazione posizionando la macchina del fumo in prossimità della mangiatoia in modo tale da indirizzare il fumo all'interno della zona di alimentazione della struttura. Una volta azionata la macchina del fumo produce una fumata di colore bianco per la durata di circa 30 secondi. Contemporaneamente alla produzione del fumo un operatore, dotato di macchina fotografica digitale, realizza un filmato della durata di circa 1 minuto nel quale viene ripreso il movimento del fumo all'interno della struttura fino al suo completo dissolvimento (Figura 29). Successivamente ogni filmato

è stato elaborato e analizzato attribuendo un punteggio in base a come la massa di fumo si muove e si distribuisce all'interno della stalla.



*Figura 29 – Macchina per la produzione di fumo (a sinistra) e suo utilizzo in stalla (a destra)*

## Stato delle bovine

### Frequenza respiratoria delle bovine

In ogni rilievo per ogni gruppo monitorato è stata misurata anche la frequenza respiratoria delle bovine misurando il numero di respiri in un minuto rilevando il “Panting Score” (Figura 30). Il rilievo di questo parametro è stato effettuato su un campione di 10 bovine (per avere una valutazione più attendibile) durante ciascun rilievo all’arrivo in azienda durante l’installazione e il posizionamento degli strumenti e, a distanza di 7 giorni, al momento dello smontaggio e recupero della strumentazione.



*Figura 30 – Un momento del rilievo del numero di respiri al minuto*

La frequenza respiratoria si determina osservando una bovina, preferibilmente a riposo in cuccetta, e contando gli atti respiratori (attraverso il movimento del torace) che essa compie in un minuto. Il Panting Score è un parametro molto semplice da rilevare ma che può essere

molto utile per valutare lo stato di stress da caldo delle bovine. In condizioni di temperature termoneutrali la frequenza respiratoria si può attestare intorno ai 40 respiri/minuto, invece in condizioni di temperature elevate la frequenza respiratoria può arrivare anche a superare i 120 respiri/minuto (Tabella 1).

*Tabella 1 – Valori del panting score in relazione al numero dei respiri al minuto delle bovine*

Frequenza Respirazione	Ritmo respirazione	Panting score
Normale	< 40	0
Leggero	40-70	1
Respiro rapido a bocca chiusa	70-120	2
Respiro a bocca aperta	120-160	3
Respiro a bocca aperta e con lingua fuori	>160	4

### Valutazione generali delle condizioni delle bovine

Analizzando l'intero gruppo monitorato è stato valutato il numero di animali che presentavano zoppie e/o escoriazioni evidenti, quanti avevano un adeguato grado di pulizia e/o tranquillità e infine è stato valutato anche il "Body Condition Score" indice della condizione corporea dell'animale. Visivamente sono stati valutati alcuni parametri indicativi dello stato di salute degli animali all'interno del gruppo osservato: la presenza di zoppie, la presenza di escoriazioni, la pulizia, la tranquillità e la condizione corporea (Figura 31). Per ognuno di questi parametri, in funzione della percentuale di animali che mostrano un determinato aspetto, è stata adottata una classificazione "nessuno/pochi", "alcuni", "molti".



*Figura 31 – Analisi delle condizioni generali delle bovine*

Le zoppie sono state valutate in base alla percentuale di animali che presentano evidenti segni di disturbi causati da problemi podali. La presenza di escoriazioni è indicativa della percentuale di animali che presentano evidenti abrasioni sulle varie parti del corpo. La valutazione generale della pulizia degli animali tiene conto del grado di imbrattamento delle diverse parti del corpo ed è finalizzata alla stima della percentuale di animali sporchi. La tranquillità è valutata in funzione della percentuale di animali che assumono comportamenti anomali dovuti ad un evidente stato di agitazione, come per esempio la brusca reazione al passaggio di un operatore, o il continuo spostamento all'interno della stalla. La condizione corporea infine è stata valutata sulla base di un Body Condition Score semplificato, infatti si

è tenuto conto solo degli animali che risultano essere nel complesso magri senza analizzare punto per punto i vari profili previsti dal BCS.

### Analisi NIR alimento

In ogni rilievo per ogni azienda è stato effettuato anche il campionamento della razione alimentare distribuita al gruppo monitorato. Il campionamento dell'alimento è stato effettuato raccogliendo una porzione di razione appena distribuita in almeno 20 punti della mangiatoia, in modo da prelevare un campione omogeneo. Il campionamento della razione è stato effettuato sia durante l'installazione della strumentazione sia alla fine del monitoraggio per un totale di 6 campionamenti per ogni azienda. Successivamente, i campioni raccolti sono stati congelati e una volta terminati i rilievi i campioni sono stati scongelati e analizzati con un analizzatore NIR portatile per i seguenti parametri: Sostanza secca, Proteine grezze, NDF, Estratto etereo, Amido, ADF e Ceneri (Figura 32).



*Figura 32 – Raccolta di campioni di alimento e NIR portatile per le analisi*

### Dati produttivi

Per ogni rilievo, per ogni gruppo monitorato (se disponibile l'informazione) e per l'intero allevamento sono stati raccolti i dati produttivi. Nel corso dei rilievi sono stati raccolti i dati produttivi relativi ai controlli funzionali effettuati nei mesi corrispondenti ai rilievi nei 3 differenti periodi e per le aziende che disponevano della produzione individuale giornaliera sono stati raccolti le produzioni delle settimane monitorate.

### Rilievi strutturali, gestionali e produttivi

Il rilievo degli aspetti strutturali, gestionali e produttivi è stato effettuato con misure dirette delle dimensioni della struttura monitorata e la raccolta di tutti i dati gestionali e produttivi tramite una scheda dei rilievi che può essere scaricata dal sito web del progetto Lastaben ([costruzionirurali.unimi.it/progetto-lastaben/](http://costruzionirurali.unimi.it/progetto-lastaben/)).

I dati riferiti alla gestione e quelli riferiti alla quantità e qualità del latte sono stati forniti direttamente dagli allevatori prima dell'inizio del rilievo. I dati gestionali rilevati comprendono: numero di vacche allevate, numero di vacche in lattazione, tipologia del gruppo considerato (pluripare o misto) e il numero di vacche all'interno di questo gruppo. Inoltre, sono state raccolte informazioni anche sulla gestione della mungitura (numero di mungiture al giorno, orari di mungitura, numero gruppi di mungitura e tempo di mungitura per gruppo) e sulla gestione dell'alimentazione (numero e orari di distribuzione Unifeed e

orari di avvicinamento). Altri aspetti della gestione forniti dall'azienda prima dell'inizio del rilievo sono stati: la frequenza di pulizia dei corridoi, la frequenza di rinnovamento della lettiera delle cuccette e il sistema di pulizia di queste ultime.

Le misure dirette delle dimensioni hanno preso in considerazione la struttura generale della stalla: larghezza e lunghezza, struttura del tetto (numero falde, altezza colmo e gronda, inclinazioni falda, spessori, altezza del camino dal colmo) e delle pareti (aperte o chiuse, materiali e spessori). Successivamente, sono state effettuate le misure dirette della struttura relativa al gruppo di bovine monitorate durante il progetto (Figura 33). Per quanto riguarda i corridoi, i parametri considerati sono stati la larghezza, la lunghezza, il tipo di pavimentazione e se alcuni di questi erano a fondo cieco. Per i passaggi tra le cuccette è stata misurata la larghezza, la distanza fra di essi e sono stati presi in esame parametri come il tipo di pavimentazione, il sistema di pulizia e se c'era o meno la presenza di abbeveratoi lungo il passaggio. Sia per la corsia di foraggiamento che per la zona di alimentazione è stata considerata la larghezza, la lunghezza, il tipo di pavimentazione, la pavimentazione della mangiatoia e il numero di posti in mangiatoia. Dopo averne definito la tipologia e il tipo di lettiera, sono state contate le cuccette e ne sono state misurate le dimensioni. Per quanto riguarda gli abbeveratoi presenti sia in stalla che all'uscita della sala di mungitura è stata rilevata la tipologia, il numero e le principali misure (altezza rispetto alla pavimentazione e lunghezza).

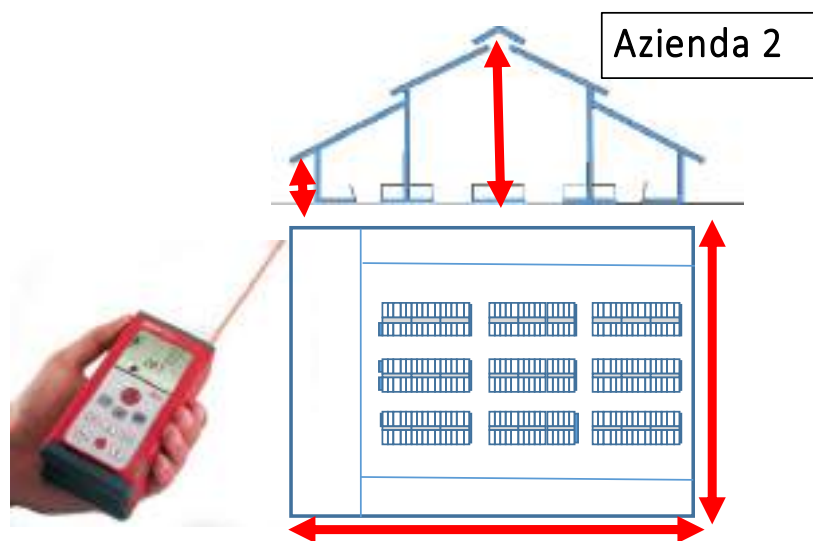


Figura 33 – Esempio di misure rilevate con distanziometro laser

È stato analizzato anche il sistema di raffrescamento utilizzato: è stato definito il numero di ventilatori, la zona di posizionamento e la distanza fra di essi. Nelle strutture in cui era presente un sistema di bagnatura è stata rilevata la tipologia, la zona di posizionamento, i criteri, l'intervallo e la durata di funzionamento. Infine, sono stati rilevati e misurati anche i parametri della sala di mungitura e della sala di attesa. In ogni struttura è stato valutato anche il grado di pulizia degli ambienti in particolare della sala di mungitura, della sala d'attesa, dell'intera stalla, dei corridoi e delle cuccette.

### Metodologia di elaborazione dei dati raccolti

Nel corso del progetto sono stati effettuati 24 rilievi per una durata totale di 168 giorni. Tutti i dati raccolti sono stati inseriti in un database, che ha permesso di effettuare differenti tipologie di elaborazioni: su base oraria, su base giornaliera, per periodo e per struttura monitorata. L'elaborazione dei dati è stata suddivisa in due parti: nella prima parte sono

state prese in esame le strutture singolarmente, nella seconda si è passati a un'analisi globale confrontando le differenti strutture tra loro.

In entrambe le elaborazioni sono stati presi in considerazione quattro aspetti:

1. interazione tra struttura e fattori ambientali;
2. interazione tra comportamento delle bovine e fattori ambientali;
3. interazione tra struttura e comportamento delle bovine;
4. valutazione tra risultati dei rilievi e analisi del software per la diagnosi.

In particolare, per ogni struttura sono state effettuate elaborazioni in relazione a:

- andamento giornaliero medio della temperatura, THI, e intensità luminosa utilizzando i dati medi per ora, per ogni periodo di rilievo;
- il comportamento delle bovine (% bovine in cuccetta, in piedi e in alimentazione) nei tre periodi di rilievo utilizzando i dati medi per ora di ogni rilievo e andamento del comportamento a riposo del gruppo di bovine monitorato (10 bovine) espresso come valori medi giornalieri del periodo di rilievo della struttura;
- il comportamento delle bovine in funzione del THI;
- andamento della velocità del vento nei 3 punti di rilievo espresso come valori medi per punto (installazione IN e smontaggio SM) del periodo del rilievo della struttura;
- andamento della concentrazione dell'ammoniaca espresso come valore medio per punto (installazione IN e smontaggio SM) del periodo del rilievo della struttura;
- andamento dei respiri al minuto di un gruppo di bovine monitorato (10) espresso come valori medi giornalieri del periodo del rilievo della struttura.

Per quanto riguarda la valutazione complessiva delle stalle è stata utilizzata anche la metodologia messa a punto nel corso del progetto e implementata in un software disponibile sul sito web del progetto anche sotto forma di app per sistemi Android.

I parametri presi in considerazione sono quelli dimensionali della struttura (altezze, larghezze, apertura al colmo), orientamento della stalla e coibentazione della copertura. La valutazione dell'adeguatezza della struttura alla ventilazione naturale viene ponderata tenendo conto anche della presenza di un sistema di raffrescamento nelle diverse zone della stalla.

## Risultati del monitoraggio

Di seguito viene riportata una sintesi dei principali risultati relativi ad ogni struttura monitorata con l'obiettivo di fornire un quadro generale della situazione emersa durante i rilievi effettuati.

Per ogni azienda, alla fine dei periodi di rilievo, è stata realizzata una scheda aziendale di sintesi nella quale sono state riportate tutte le informazioni e i dati raccolti durante il monitoraggio (inquadramento produttivo dell'azienda, la descrizione del complesso aziendale, la planimetria della struttura monitorata, la descrizione della struttura monitorata (materiali di costruzione, coperture, dimensionamento corridoi, passaggi, cuccette, abbeveratoi), le foto dei dettagli costruttivi e i dettagli sull'installazione degli strumenti di monitoraggio e rilievi effettuati in azienda) e una sintesi dei principali risultati di ogni azienda così suddivisi:

- Analisi dell'andamento delle condizioni microclimatiche ( $T^{\circ}$ , RH%, THI e illuminamento);
- Analisi del comportamento delle bovine (fotocamere e accelerometro);
- Valutazione della ventilazione e della qualità dell'aria;

- Analisi dei respiri al minuto delle bovine;
- Valutazioni generali sulle condizioni delle bovine;
- Analisi dati integrativi (dati produttivi e composizione della razione);
- Analisi dati socio-economici.

## Rilievi strutturali

In Tabella 2 sono stati riportati i principali parametri rilevati in ogni struttura monitorata relativi alle caratteristiche strutturali, all'orientamento, alla gestione del microclima (ventilazione e impianti di raffrescamento).

*Tabella 2 - Riepilogo sintetico dei principali parametri rilevati nelle 8 strutture monitorate (A-H) relativi alle caratteristiche strutturali e alla gestione del microclima interno*

Parametro (descrizione)	STRUTTURA E MICROCLIMA							
	Aziende (strutture)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Altezza al colmo Altezza interna della copertura nel punto più alto (m)	13.40	7.00	6.50	7.65	5.40	7.50	12.15	7.00
Altezza alla gronda Altezza interna della copertura nel punto più basso (m)	4.20	5.80	5.50	4.50	4.26	5.70	4.00	5.80
Inclinazione falda Rapporto tra differenza di altezza e larghezza di una falda (%)	33.00	13.30	11.00	15.00	13.00	10.00	28.00	23.00
Materiale copertura Copertura con isolamento Pannello sandwich Copertura senza isolamento	copertura con isolamento	copertura con isolamento	copertura senza isolamento	pannello sandwich	copertura con isolamento	copertura con isolamento	copertura senza isolamento	copertura con isolamento
Larghezza stalla (totale) Larghezza massima della copertura (m)	45.40	22.30	18.80	49.25	20.30	24.00	42.60	22.40
Aperture laterali Indicare se lateralmente la struttura è aperta totalmente, parzialmente o chiusa	parziali	totale	parziali	parzialmente chiuso	aperta	parziali	parziali	limitate
Apertura al colmo Larghezza dell'apertura nella parte più alta della copertura (m)	0.80	1.88	-	1.32	0.50	0.20	1.00	-
Orientamento dell'asse della stalla (in genere è quello della corsia di alimentazione)	Nord-Ovest/Sud-Est	Nord-Ovest/Sud-Est	Est/Ovest	Nord-Est/Sud-Ovest	Nord-Ovest/Sud-Est	Est/Ovest	Nord-Ovest/Sud-Est	Est/Ovest
Raffrescamento in zona alimentazione Tipo di sistema di raffrescamento, se presente	nessuno	ventilatori con doccette	nessuno	destratificatori	ventilatori con doccette	ventilatori con doccette	ventilatori con nebulizzazione	ventilatori con nebulizzazione
Raffrescamento in zona di riposo Tipo di sistema di raffrescamento, se presente	Destratificatori	Destratificatori	Destratificatori	Nessuno	Destratificatori	Ventilatori	Nessuno	Ventilatori
Raffrescamento in attesa Tipo di sistema di raffrescamento, se presente	Destratificatori	Ventilatori	Nessuno	Nessuno	Ventilatori	Nessuno	Ventilatori	Ventilatori
Raffrescamento in sala Tipo di sistema di raffrescamento, se presente	Destratificatori	Nessuno	Nessuno	Destratificatori	Ventilatori	Nessuno	Ventilatori	Ventilatori

Per quanto riguarda i principali parametri relativi alle caratteristiche strutturali e alla gestione del microclima, la Tabella 2 mette in evidenza come tutte le strutture hanno almeno un sistema di ventilazione e/o di raffrescamento, nella zona di alimentazione o nella zona di riposo. L'altezza totale delle strutture varia da un massimo di 13.40 metri a un minimo di 5.40 metri mentre la larghezza totale varia tra i 33 metri e i 10 metri. L'inclinazione, invece,



varia da un massimo del 33% (struttura A) a un minimo del 10% (struttura F). Quasi tutte le strutture presentano lateralmente delle aperture parziali mentre la larghezza media è di circa 30 metri variando da un massimo di 49.50 metri a un minimo di 18.80 metri. Due strutture su 8 non presentano un'apertura al colmo e l'orientamento più comune è risultato il Nord/ovest-Sud/est, infatti solamente 3 strutture hanno un orientamento ottimale Est-Ovest.

Il layout delle zone di stabulazione monitorate è caratterizzato da un numero di cuccette medio di circa 100 posti, con un massimo di 157 e un minimo di 42 cuccette. Per quanto riguarda i posti in mangiatoia, mediamente le strutture hanno 80 posti, variabili tra 135 e 34. Nella

Tabella 3 vengono poi riportate tutte le misure in dettaglio delle larghezze dei corridoi, dei passaggi e della zona di alimentazione. Si può rilevare come la larghezza della zona di alimentazione, a parte una struttura (F) è risultata sempre ben dimensionata come anche la larghezza dei corridoi di accesso alle cuccette, mentre gran parte delle strutture sono risultate carenti per quanto riguarda il dimensionamento della larghezza dei passaggi, in particolare per quelli con la presenza di abbeveratoio.

*Tabella 3 - Riepilogo sintetico dei principali parametri rilevati nelle 8 strutture monitorate (A-H) relativi al layout della zona di stabulazione monitorata*

Parametro (descrizione)	LAYOUT							
	Aziende (strutture)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Larghezza dei corridoi di accesso alle cuccette e passaggio delle bovine (m)	3.40	2.50	3.00	2.70	3.00	3.60	3.50	4.00
Presenza di corridoi che sono chiusi da cancelli o muri	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
Distanza massima tra due passaggi tra le cuccette (m)	25.00	14.30	16.80	31.25	13.00	14.40	26.40	25.20
Larghezza passaggi con abbeveratoi (m)	3.60	3.60	-	3.50	2.40	2.40	-	2.00
Larghezza passaggi senza abbeveratoi (m)	-	2.00	1.20	-	-	3.50	2.70	-
Larghezza zona alimentazione (con accesso alle cuccette)	5.00	-	-	-	4.70	3.70	4.50	4.60
Larghezza zona alimentazione (senza accesso alle cuccette)	-	4.00	4.00	4.00	-	-	-	-
Numero totale di posti in mangiatoia	112	34	64	135	42	106	92	55
Numero di cuccette presenti nella stalla	157	42	69	146	52	110	125	66

Generalmente, nelle strutture monitorate, il dimensionamento delle cuccette è risultato adeguato (Tabella 4). Analizzando le dimensioni delle cuccette si può notare come lo spazio per il corpo varia tra un minimo di 1.70 m a un massimo di 1.95, quasi tutte le strutture hanno cuccette con spazio per il corpo adeguato. In un caso la lunghezza è troppo elevata, in un altro invece limitata. Questo non significa necessariamente che la cuccetta è dimensionata in modo non corretto, ma può semplicemente significare un posizionamento del tubo allineatore non adeguato. La larghezza delle cuccette è in tutti i casi conforme alle indicazioni (1,20-1,25 m). La disponibilità di spazio anteriore non è quella ottimale in ben 5 strutture delle 8 monitorate. La causa è la presenza del tubo antifuga a un'altezza inferiore agli 85 cm necessari per non interferire con il movimento dell'animale. L'altezza dell'educatore in alcune strutture è risultato inferiore all'altezza ottimale tra 1.15 e 1.25 metri, impedendo un comodo utilizzo della cuccetta da parte degli animali. La paglia e il tappeto sono il materiale del fondo delle cuccette utilizzato come lettiera in tutte le aziende a parte in una nella quale viene utilizzata la sabbia, invece come pavimentazione 5 strutture sono caratterizzate da una pavimentazione piena prevalente della zona di stabulazione, mentre 3 strutture hanno una pavimentazione fessurata. I rilievi delle dimensioni e del numero degli

abbeveratoi ha messo invece in evidenza una carenza da parte di tutte le strutture per quanto riguarda la disponibilità di acqua in uscita della sala di mungitura, con la completa assenza di abbeveratoi in 3 strutture.

*Tabella 4 - Riepilogo sintetico dei principali parametri rilevati nelle 8 strutture monitorate (A-H) relativi alle attrezzature della zona di stabulazione monitorata (cucchette, abbeveratoi, pavimentazione).*

ATTREZZATURE								
Parametro (descrizione)	Aziende (strutture)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Cucchette</b>								
Spazio per il corpo Distanza tra cordolo e fermo al piede o cuscino (m)	1.75	1.80	1.80	1.85	1.95	1.70	1.80	1.80
Altezza educatore Altezza del tubo allineatore (m)	1.20	1.00	0.90	1.25	1.10	1.20	1.25	1.20
Spazio anteriore Presenza di impedimenti all'avanzamento della testa dell'animale quando si alza	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI
Larghezza cuccetta Distanza tra due battifianchi (m)	1.20	1.20	1.20	1.25	1.20	1.20	1.20	1.25
Altezza gradino Altezza del fondo della cuccetta rispetto al corridoio di passaggio delle bovine (m)	0.25	0.20	0.25	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20
Fondo delle cucchette Materiale del fondo delle cucchette utilizzato come lettiera	paglia	tappeto	tappeto	tappeto	sabbia	tappeto	paglia	paglia
<b>Abbeveratoi</b>								
Fronte abbeverata (se a vasca) Lunghezza totale presente nella zona di stabulazione (m)	12.10	4.40	-	6.80	11.00	9.00	7.40	2.40
Numero abbeveratoi singoli Numero di abbeveratoi individuali (n.)	-	-	5.00	-	-	-	-	-
Altezza abbeveratoi Altezza da terra degli abbeveratoi (m)	0.80	0.85	0.80	0.75	0.80	0.80	0.80	0.90
Abbeveratoi in uscita della sala di mungitura Rapporto tra la lunghezza degli abbeveratoi e il numero di poste della sala di mungitura (m)	0.03	0.31	-	0.17	0.10	0.10	-	-
<b>Pavimentazione</b>								
Tipologia di pavimentazione Tipologia di pavimentazione prevalente della zona di stabulazione	piena	piena	fessurata	piena	piena	piena	fessurata	fessurata
Materiale pavimentazione Materiale prevalente della pavimentazione della zona di stabulazione	cemento rigato	gomma	cemento	cemento rigato	cemento rigato	cemento rigato	cemento liscio	cemento liscio

## Condizioni ambientali

### Temperature Humidity Index

Sono stati analizzati gli andamenti medi orari del THI interno registrato durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato e freddo) nelle 8 strutture monitorate. Ogni grafico mette a confronto gli andamenti di 2 strutture che sono state monitorate contemporaneamente. In Figura 34 sono messe a confronto le strutture A e B. Il grafico mette in evidenza come per entrambe le aziende il periodo temperato è risultato, come andamento, molto vicino al periodo caldo. Infatti, il periodo caldo ha fatto registrare THI medi al di sotto dei valori soglia di stress e quindi inferiori rispetto ai valori di riferimento medi della stagione estiva. Nel periodo freddo la struttura A rispetto alla B ha registrato mediamente un andamento di THI più elevato, indice di un diverso comportamento e risposta della struttura alle condizioni ambientali esterne. Tale risposta, anche se meno evidente, è osservabile nel periodo caldo e temperato.

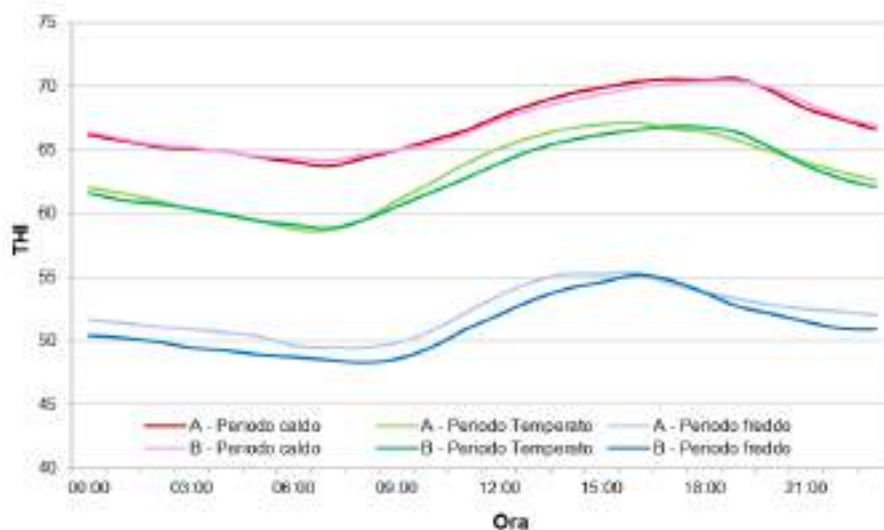


Figura 34 - Andamento medio orario del THI interno nelle aziende A e B durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Anche in Figura 35, il confronto tra la struttura C e D, il periodo temperato ha fatto registrare un andamento del THI medio molto più vicino al periodo caldo rispetto al periodo freddo. Anche in questo caso, in entrambe le strutture, il periodo caldo ha fatto registrare valori di THI medi sempre al di sotto di 70 e quindi non rappresentativi della stagione estiva anche dal punto di vista dello stress da caldo. A differenza del precedente grafico, nel periodo freddo gli andamenti delle 2 strutture sono risultati molto simili tra di loro.

In Figura 36, vengono confrontate le strutture E e F. A differenza dei due precedenti confronti, si può notare come i 3 periodi siano ben distinti tra di loro con un periodo caldo che ha fatto registrare un andamento medio del THI sempre superiore al 70 con THI medi di 80 nel tardo pomeriggio. Anche in questo caso, si può notare un differente comportamento delle strutture durante il periodo freddo, con la struttura E che per gran parte della giornata ha registrato un andamento medio del THI costantemente superiore di qualche punto rispetto alla struttura F. Questa risposta della struttura, anche se molto mitigata e limitata si può osservare anche nel periodo caldo e temperato.

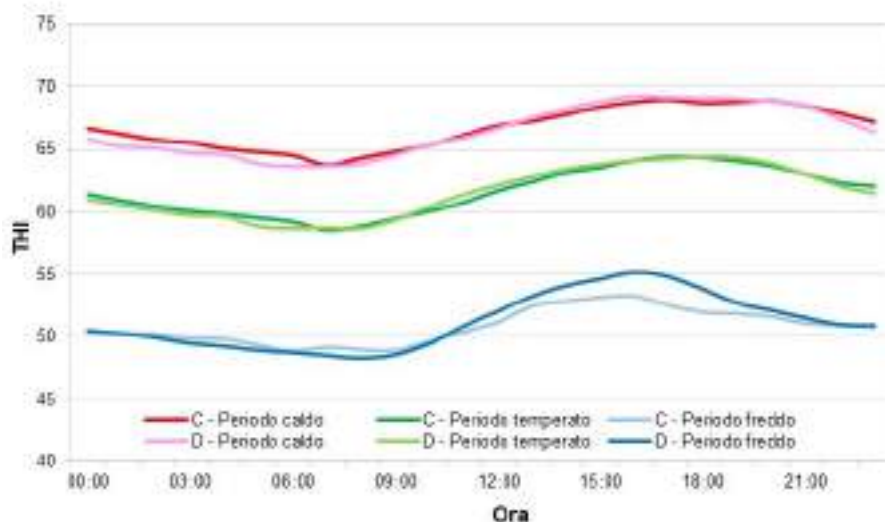


Figura 35 - Andamento medio orario del THI interno nelle aziende C e D durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

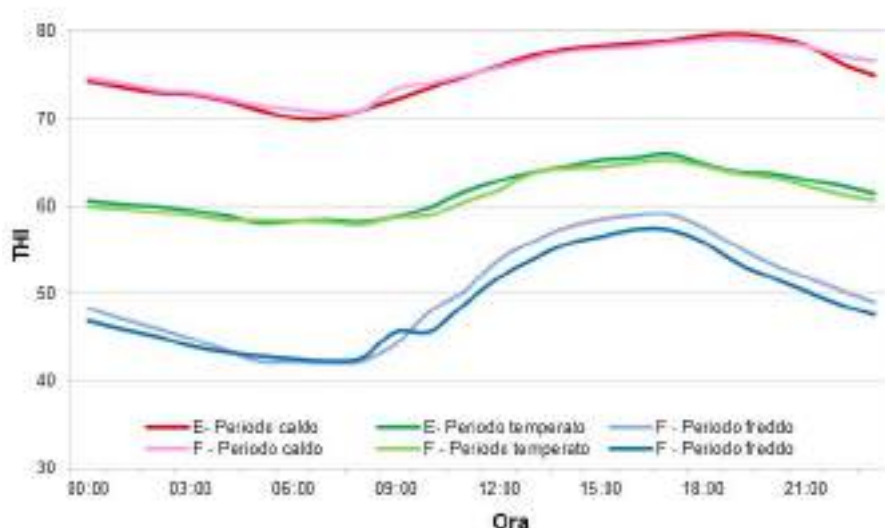


Figura 36 - Andamento medio orario del THI interno nelle aziende E e F durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

L'andamento medio orario del THI nelle strutture G e H (Figura 37) è risultato quello che ha maggiormente evidenziato una differenza tra i 3 periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo). Infatti, nelle strutture G e H, si sono registrati i valori medi di THI più elevati sia per il periodo caldo che per il periodo temperato, mentre per il periodo freddo sono stati rilevati i valori medi più bassi. Rispetto l'andamento del THI nelle altre strutture, nel periodo caldo il THI medio orario non è mai sceso al di sotto di 74 (con valori compresi tra 80 e 75 durante le ore notturne) e valori massimi stabilmente superiori a 80 a partire dalle 14.00 fino alle ore serali (21.00-22.00). Quindi, tra le 8 strutture monitorate, il periodo caldo delle strutture G e H è stato quello che ha evidenziato in modo più rilevante lo stress da caldo.

Osservando l'andamento delle 2 strutture si può inoltre rilevare come, anche se minimamente, in tutti i 3 periodi di rilievo nella struttura H sono stati registrati valori di THI medi in alcuni momenti della giornata superiori alla struttura G. Questo andamento, come per nei confronti precedenti, può essere considerato come un indice di risposta della struttura alle condizioni ambientali esterne.

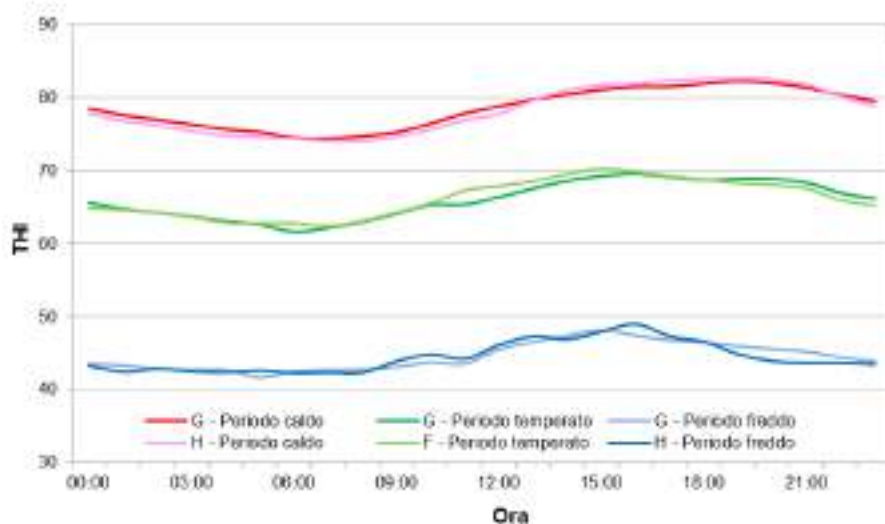


Figura 37 - Andamento medio orario del THI interno nelle aziende G e H durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Nella Tabella 5 sono stati riepilogati i valori medi del THI per ogni periodo di rilievo e per ogni struttura. Come già evidenziato dai grafici dell'andamento del THI, si può notare come nelle strutture A, B, C e D il THI medio del periodo caldo è risultato molto simile a quello rilevato nel periodo temperato, non superando il valore di 67. Invece, nelle strutture E, F, G e H il periodo caldo ha fatto registrare THI medi ben al di sopra del valore soglia di stress da caldo di 72. Mediamente nella struttura E e F il valore medio di THI è stato di 75 mentre nella struttura G e H il valore medio della settimana di rilievo ha raggiunto un THI superiore a 78 punti.

Per quanto riguarda invece il periodo temperato e freddo in tutte le strutture sono stati rilevati dei valori medi di THI molto simili tra di loro. Nel periodo temperato mediamente il THI è risultato di 63 con valori medi di 66 nelle strutture G e H, mentre nel periodo freddo il THI medio è stato di circa 50 con dei valori minimi di 44 sempre rilevati nelle strutture G e H.

Tabella 5 - Valori medi giornalieri del THI interno nelle 8 aziende durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo).

Strutture	Periodi di rilievo					
	Caldo		Temperato		Freddo	
	media	DS	media	DS	media	DS
A	67.11	2.34	63.07	2.87	52.18	1.91
B	67.07	2.18	62.80	2.75	51.17	2.19
C	66.74	1.70	61.57	1.89	50.87	1.39
D	66.48	2.01	61.52	2.04	51.19	1.53
E	75.20	3.21	61.68	2.62	50.12	5.92
F	75.34	2.87	61.18	2.54	49.02	5.24
G	78.54	2.70	66.01	2.52	44.46	1.89
H	78.30	3.15	66.19	2.61	44.48	2.06

## Velocità dell'aria

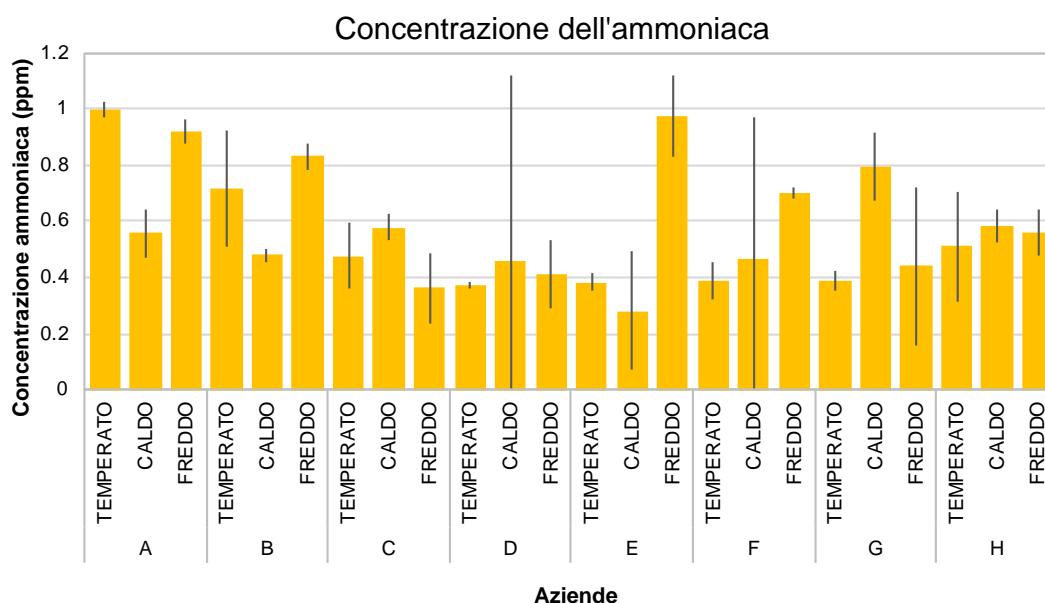
Per quanto riguarda la velocità media dell'aria, durante il monitoraggio, sono stati rilevati valori bassi e poco rilevanti. I principali risultati dei rilievi sono riepilogati nella Tabella 6 che riporta le velocità medie dell'aria espressa in m/s per ogni azienda nei tre differenti periodi di monitoraggio. I valori riportati in tabella evidenziano una ridotta variabilità tra i diversi periodi di rilievo all'interno della medesima struttura. Essendo dei rilievi spot e non continui le principali differenze tra i periodi possono essere state determinate dalle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato la giornata di rilievo. Mediamente la velocità dell'aria misurata all'interno delle strutture nei 3 periodi è risultata di 0.70 m/s con una velocità media massima di 1.49 m/s registrata nel periodo temperato nella struttura D e una velocità media minima di 0.28 m/s rilevata nella struttura A durante il periodo temperato. Tra le 8 strutture quella che è risultata meno ventosa è la struttura A con una velocità media di 0.41 m/s, mentre la struttura F è risultata quella con una velocità dell'aria più elevata pari a 1.05 m/s.

*Tabella 6 - Velocità media (deviazione standard) dell'aria (m/s) rilevate all'interno delle 8 strutture di stabulazione monitorate (A-H) nei tre differenti periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo).*

Strutture	Periodi di rilievo					
	Caldo		Temperato		Freddo	
	media	DS	media	DS	media	DS
<b>A</b>	0.38	0.28	0.28	0.24	0.56	0.68
<b>B</b>	0.90	0.47	0.72	0.39	0.75	0.46
<b>C</b>	0.61	0.23	0.99	0.58	0.68	0.48
<b>D</b>	0.37	0.22	1.49	0.77	0.30	0.31
<b>E</b>	0.40	0.43	1.00	0.84	0.29	0.27
<b>F</b>	1.12	0.44	0.53	0.39	1.49	0.89
<b>G</b>	0.88	0.27	0.80	0.70	0.32	0.27
<b>H</b>	0.57	0.53	0.66	0.58	0.29	0.20

## Concentrazione dell'ammoniaca

La misurazione della concentrazione dell'ammoniaca è stata effettuata mediante campionamento dell'aria durante i rilievi nelle strutture di stabulazione monitorate. I principali risultati dei rilievi sono sintetizzati in Figura 38 che riporta le concentrazioni medie di ammoniaca espressa in ppm per ogni azienda nei tre differenti periodi di monitoraggio. Si può osservare come le concentrazioni di ammoniaca rilevate durante tutti i tre periodi sono risultate sempre molto basse con valori massimi che non hanno superato i 2 ppm. Mediamente, tra le aziende, le concentrazioni di ammoniaca sono risultate al di sotto di 1 ppm, quindi ben lontano dalla concentrazione massima ammissibile di 10 ppm. La concentrazione di ammoniaca può essere utilizzata come indicatore della ventilazione della struttura: basse concentrazioni di ammoniaca indicano una discreta ventilazione nella parte centrale della stalla dove sono stati effettuati i rilievi e inoltre possono indicare una corretta gestione della rimozione degli effluenti.



*Figura 38 - Concentrazione media di ammoniaca (deviazione standard) rilevate all'interno delle 8 strutture stabulative monitorate (A-H) nei tre differenti periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo).*

### Analisi termografica

Nell'analisi termografica sono state analizzate ed elaborate le immagini termiche della copertura e della corsia per le 8 strutture in ogni periodo di rilievo e successivamente le temperature ottenute sono state confrontate con il valore di THI esterno. I principali risultati sono riportati nella Tabella 7. Mediamente, nelle 8 strutture durante il periodo caldo la temperatura rilevata sulla copertura è risultata di quasi 30°C mentre sulla corsia è risultata di 27°C, con una differenza di 3°C. Invece, nel periodo temperato la copertura mediamente è risultata di 20.5°C mentre sulla corsia è risultata di 18.2°C con la differenza che si è ridotta di 1°C.

*Tabella 7 - Analisi termica delle temperature della copertura e della corsia di alimentazione rilevate all'interno delle 8 strutture stabulative monitorate (A-H) nei tre differenti periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo) e valore del THI esterno al momento del rilievo.*

Strutture	Periodi di rilievo								
	Caldo			Temperato			Freddo		
	T° copertura	T° corsia	THI esterno	T° copertura	T° corsia	THI esterno	T° copertura	T° corsia	THI esterno
<b>A</b>	32.17	26.58	71.78	26.78	19.43	67.20	11.07	7.93	51.58
<b>B</b>	27.60	27.27	68.40	23.05	19.10	65.26	3.53	4.70	50.97
<b>C</b>	25.38	25.60	69.20	19.02	20.45	63.71	5.83	8.88	54.06
<b>D</b>	25.75	23.32	68.28	18.92	16.35	62.42	5.12	3.17	51.60
<b>E</b>	33.75	29.50	72.16	18.22	13.05	60.60	12.18	2.83	56.67
<b>F</b>	27.35	25.22	70.23	12.03	16.37	57.62	4.82	12.42	53.73
<b>G</b>	28.82	27.05	70.92	19.28	18.17	64.13	2.58	3.02	49.24
<b>H</b>	37.23	31.43	71.73	28.80	22.75	64.26	7.28	4.60	52.12

Comparando le temperature rilevate sulla copertura con le temperature della corsia si può osservare che in alcune strutture (A, E e H) la differenza tra le 2 temperature rilevate è più

elevata e rimane costante sia nel periodo caldo che nel periodo temperato. Questa differenza può essere spiegata da diversi aspetti tra i quali sicuramente l'orientamento della struttura, l'esposizione e l'inclinazione della falda rilevata (che corrisponde alla corsia di alimentazione), la tipologia di copertura e l'orario di rilievo.

### Movimento aria

L'analisi del movimento o della circolazione dell'aria all'interno delle strutture di stabulazione monitorate è stata effettuata attraverso l'uso della macchina del fumo e la successiva analisi dei video realizzati durante i rilievi.

La valutazione del movimento dell'aria sulla base dell'analisi dei video della macchina del fumo è stata impostata utilizzando una scala di punteggio da 0 a 8 con la seguente codifica: 0 indica che l'aria non si muove, 3 l'aria si muove ma non va verso il camino, 5 l'aria si muove verso il camino e 8 l'aria si muove velocemente verso il camino. Da come si può osservare dal Figura 39 riassuntivo dell'analisi del movimento dell'aria con la macchina del fumo mediamente le aziende monitorate si collocano a metà della condizione ottimale (4 punti), con alcune aziende nelle quali il movimento dell'aria è risultato scarso (al di sotto di 3) e un'azienda che invece ha evidenziato una buona circolazione dell'aria.

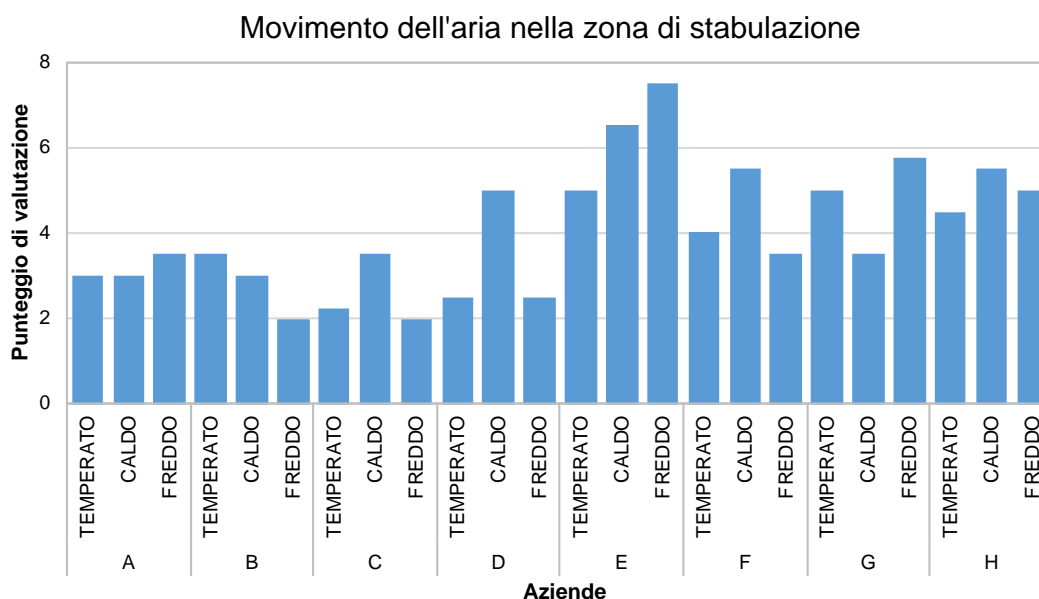


Figura 39 - Valutazione del movimento dell'aria all'interno delle 8 strutture stabulative monitorate (A-H) nei tre differenti periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo).

### Comportamento delle bovine

#### Attività comportamentali: riposo, alimentazione e in piedi (fotocamere)

La valutazione delle attività comportamentali ha previsto l'analisi del comportamento delle bovine delle 8 strutture monitorate espresso come ore di riposo delle bovine in cuccetta, ore in piedi e ore in alimentazione, nei tre periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo) utilizzando i dati medi per ora di ogni rilievo ottenuti dall'analisi delle immagini delle fotocamere installate durante i rilievi. Una prima valutazione riguarda il tempo trascorso dalle bovine a riposo (sdraiate) in cuccetta (Figura 40). Nel grafico viene confrontato il comportamento a riposo medio giornaliero (ore/giorno) delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo con il valore medio giornaliero di THI. Nel periodo temperato, mediamente nelle 8 strutture le bovine riposano in cuccetta circa 11.6 ore al giorno. In questo periodo solamente



in 2 strutture le bovine riposano più di 12 ore al giorno, superando la soglia compresa tra le 12 e le 14 ore al giorno considerata ottimale dal punto di vista del benessere. A differenza del temperato, nel periodo caldo la media di ore di riposo delle bovine scende in modo significativo raggiungendo un valore vicino alle 10 ore al giorno. In particolare, si può osservare come prendendo in considerazione solamente le strutture che hanno fatto registrare i valori di THI più elevati (F, G e H) la media del riposo scende ulteriormente fino alle 8.8 ore al giorno. Infine, nel periodo freddo il tempo a riposo delle bovine aumenta nuovamente raggiungendo una media superiore alle 12 ore al giorno. In particolare, si può notare come, anche con valori di THI bassi, in alcune strutture le bovine riposano mediamente meno di 11 ore al giorno, indice che il comportamento viene influenzato in modo significativo da altri aspetti come i fattori strutturali e gestionali.

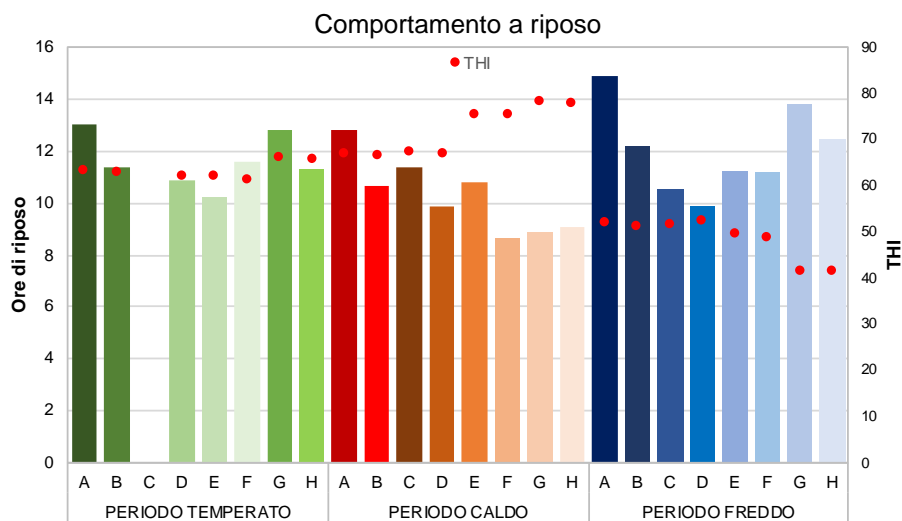


Figura 40 - Comportamento a riposo medio giornaliero (ore/giorno) delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Tra le 3 attività comportamentali analizzate, il comportamento in alimentazione, espresso come numero di ore che le bovine sono in mangiatoia, è quello che è risultato meno influenzato dalle condizioni ambientali e in particolare dal THI. Osservando la Figura 41, che riporta il comportamento in alimentazione medio giornaliero (ore/giorno) delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo, come mediamente in tutti i periodi le bovine si alimentano per circa 4-4.5 ore al giorno. Analizzando il comportamento con il THI si può notare come le condizioni ambientali non influiscono in modo significativo anche se nel periodo freddo mediamente le bovine tendono a trascorrere circa 30 minuti in più in mangiatoia rispetto al periodo caldo e temperato.

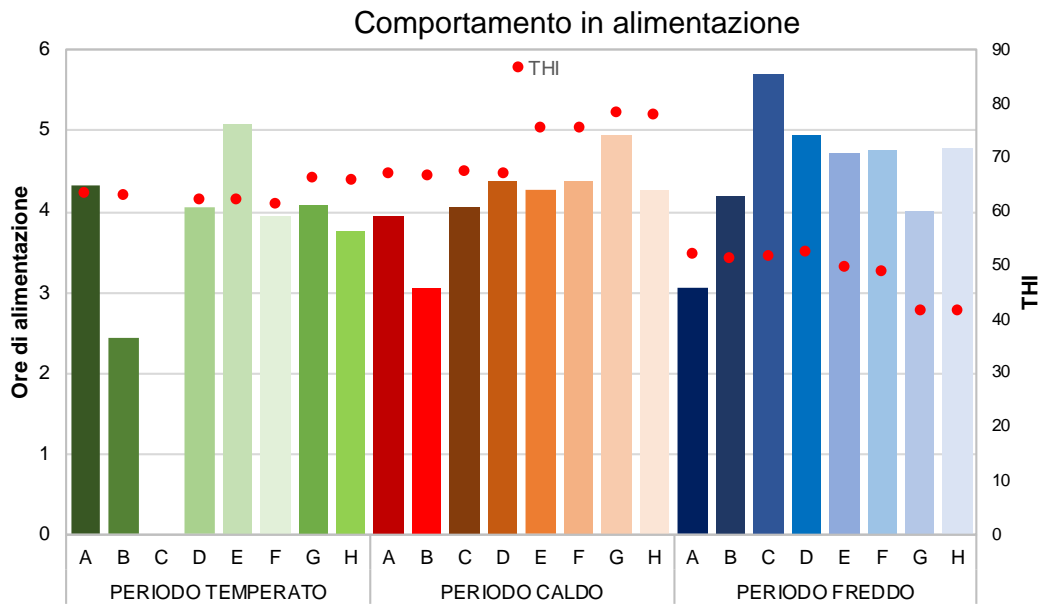


Figura 41 - Comportamento in alimentazione medio giornaliero (ore/giorno) delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Il comportamento in piedi, invece, risulta fortemente condizionato dal THI (Figura 42). Nel periodo caldo le bovine rimangono in piedi mediamente 9.5 ore al giorno (tempo comprensivo delle 2 mungiture). Le ore che le bovine trascorrono in piedi cala leggermente nel periodo temperato. Infatti, in questo periodo, considerando le 8 strutture mediante le bovine rimangono in piedi per circa 1 ora in meno. Le ore trascorse in piedi si riducono in modo significativo durante il periodo invernale dove mediamente le bovine rimangono in piedi per circa 7 ore al giorno che al netto del tempo in mungitura significa dalle 3 alle 4 ore al giorno. Come per il riposo, anche in questa attività comportamentale alcune aziende hanno fatto registrare valori significativamente superiore alla media di tutte le aziende.

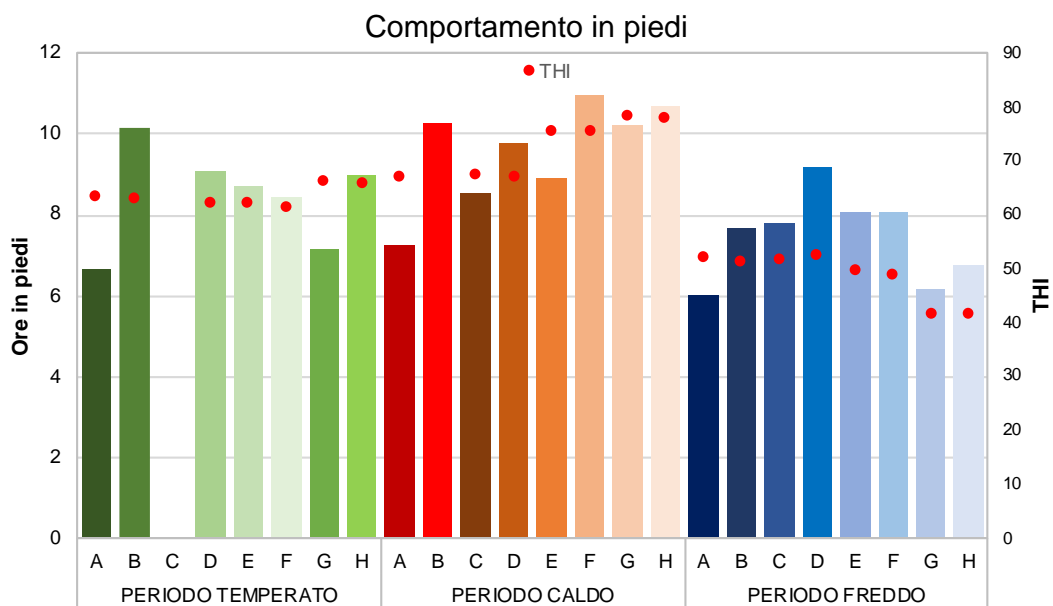


Figura 42 - Comportamento a riposo medio giornaliero (ore/giorno) delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Infine, in Figura 43, viene riportato per ogni struttura e per ogni periodo di rilievo il “time budget” o attività comportamentale giornaliera delle bovine. Analizzando e confrontando il time budget giornaliero in ogni periodo di rilievo è possibile osservare come prevalentemente nel periodo estivo le bovine limitano il tempo dedicato al riposo in favore dello stazionamento in piedi nelle corsie o nei passaggi. Queste variazioni del time budget giornaliero delle bovine tra i 3 diversi periodi climatici sono una delle più evidenti modificazioni delle attività comportamentali conseguenti all’esposizione delle bovine a condizioni di stress da caldo che quindi determina un importante effetto nei confronti del time budget delle bovine.

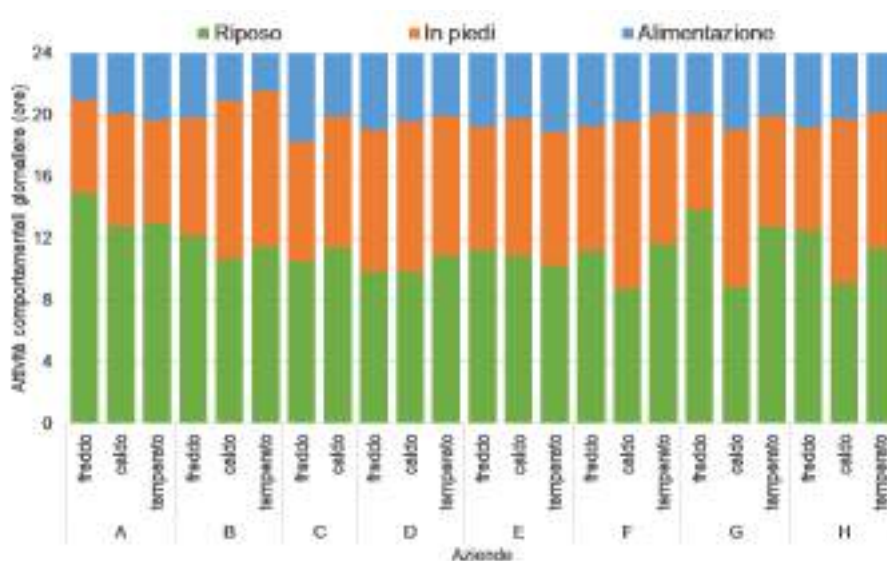


Figura 43 -Time budget o attività comportamentale giornaliera delle bovine nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

### Comportamento a riposo

Oltre all’analisi delle attività comportamentali delle bovine ottenuto dall’analisi delle immagini è stato valutato anche l’andamento del comportamento a riposo del gruppo di bovine monitorato (10 bovine) per ogni struttura espresso come valori medi giornalieri del periodo di rilievo della struttura. Oltre al numero di ore di riposo giornaliero sono stati valutati anche altri parametri come il numero medio di riposi giornaliero e la durata media dei periodi di riposo. Nelle stalle monitorate, il tempo medio di riposo dei 10 capi su cui è stato installato l’accelerometro, considerando i tre periodi di rilievo per le 8 stalle, è risultato di 10,9 ore al giorno. Tra le stalle e tra i rilievi la variabilità è risultata piuttosto elevata (Figura 44). Il rilievo con il tempo di riposo per capo più basso è risultato di 8 ore mentre quello più elevato di 13,6 ore per giorno. Tenendo conto dell’influenza del tempo di riposo sulla produttività dell’allevamento, è evidente come si debba tendere a un aumento medio del riposo al giorno nelle stalle esaminate con l’obiettivo di incrementare la produttività dell’allevamento. Le motivazioni che portano a questi risultati sono da attribuire a diversi fattori. Tra questi una notevole influenza può essere legata alle condizioni micro-ambientali e in particolare al THI, già evidenziato nell’analisi del time budget.

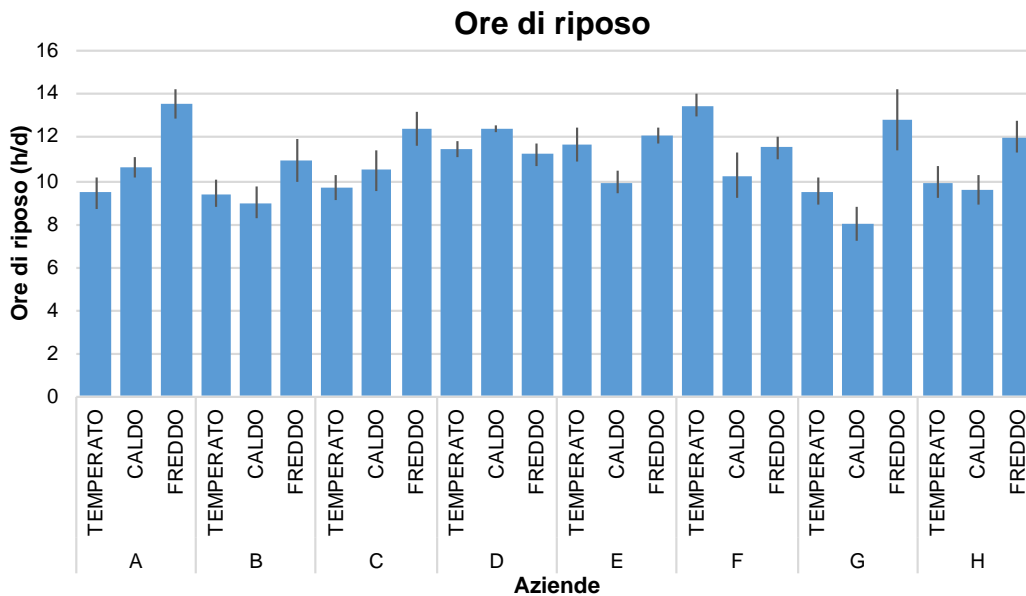


Figura 44 - Andamento del comportamento a riposo (ore/giorno) del gruppo di bovine monitorato (10) espresso come valore medio giornaliero nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

Il numero medio dei periodi di riposi delle 10 bovine monitorate con l'accelerometro, considerando i tre periodi di rilievo per le 8 stalle, è risultato di 10,5 periodi al giorno. Come per le ore di riposo, tra le stalle la variabilità è risultata piuttosto elevata (Figura 45). Il rilievo con il numero di periodo di riposo per capo più basso è risultato di 6 (struttura B) mentre quello più elevato di 17 periodi per giorno (struttura C). Tra i rilievi la variabilità è risultata meno evidente. Questa tendenza può essere spiegata da altri fattori legati principalmente alla variabilità delle bovine.

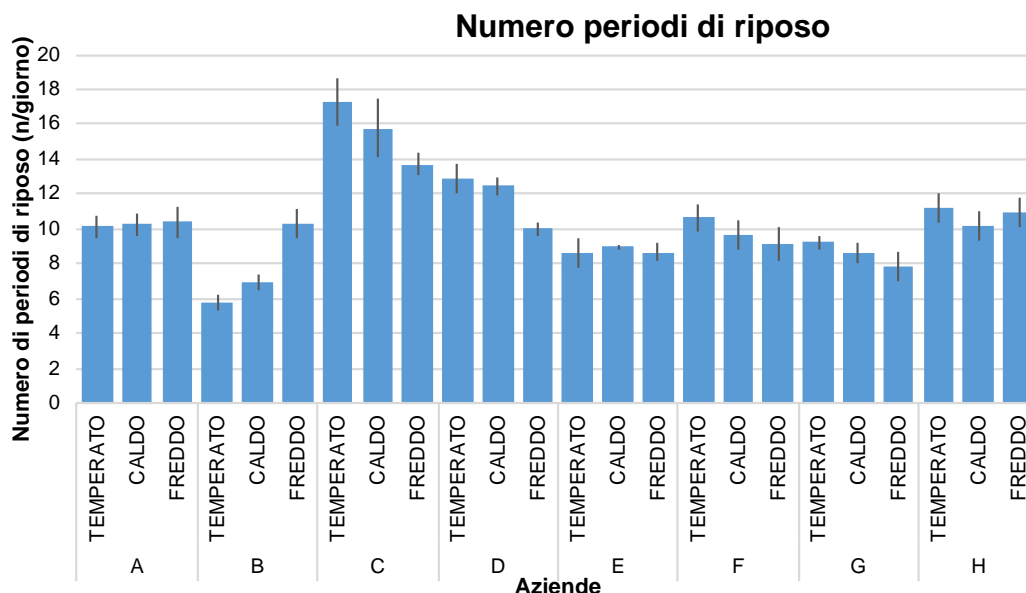
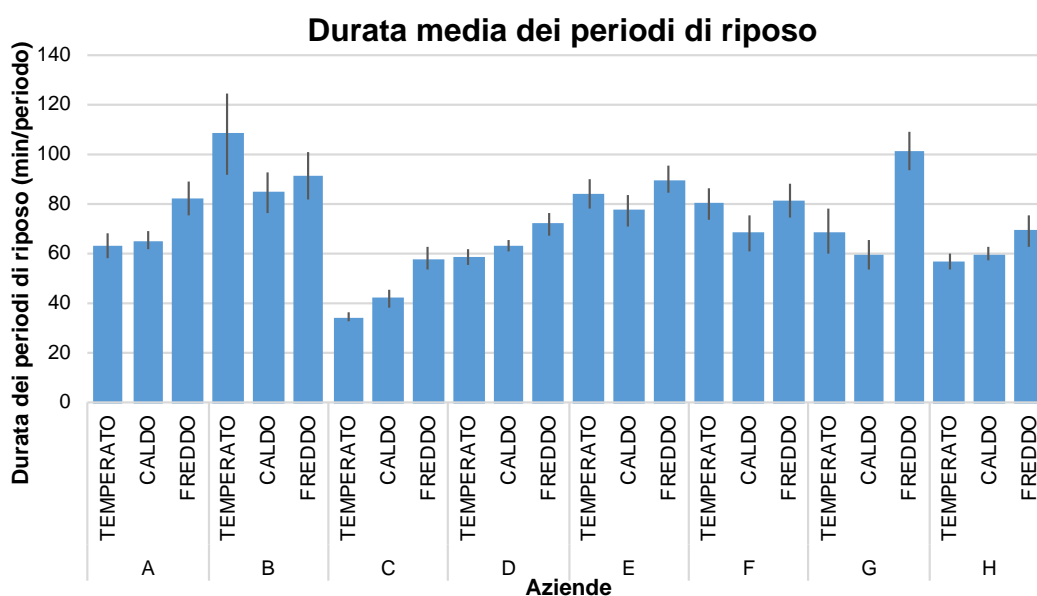


Figura 45 - Andamento del numero dei periodi di riposo del gruppo di bovine monitorato (10) espresso come valore medio giornaliero nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)

La durata media dei periodi di riposo è direttamente correlata al numero di periodi di riposo giornalieri. Bovine che hanno un numero di periodi elevato hanno all'opposto una durata media ridotta e viceversa. Considerando i tre periodi di rilievo per le 8 strutture, è risultata

una durata media dei periodi di riposo di 72 minuti per periodo con un valore medio massimo di 109 minuti e una durata minima media di 35 minuti. Come per il numero di periodi anche per la durata si evidenzia una forte variabilità tra le strutture e una limitata variabilità tra i rilievi.

Analizzando il comportamento a riposo all'interno di ogni struttura e in ogni rilievo è possibile mettere in evidenza l'elevata variabilità nel comportamento tra le 10 bovine monitorate durante ogni rilievo (Figura 46). In Figura 47 viene riportato il comportamento a riposo (ore/giorno) delle 10 bovine monitorate espresso come valore medio giornaliero del periodo di rilievo. Le bovine, nel periodo preso in esame, riposano mediamente 10.9 ore al giorno ma con una elevata variabilità di comportamento. Infatti, all'interno del gruppo dei 10 animali monitorati si passa da una bovina che riposa 4.7 ore al giorno ad una bovina che riposa invece 15.6 ore al giorno. Questa variabilità è principalmente dovuta all'effetto individuo e quindi ai principali parametri produttivi della bovina come per esempio il periodo e il numero di lattazione.



*Figura 46 - Andamento della durata media dei periodi di riposo del gruppo di bovine monitorato (10) espresso come valore medio giornaliero nelle 8 strutture durante i 3 periodi di rilievo (caldo, temperato, freddo)*

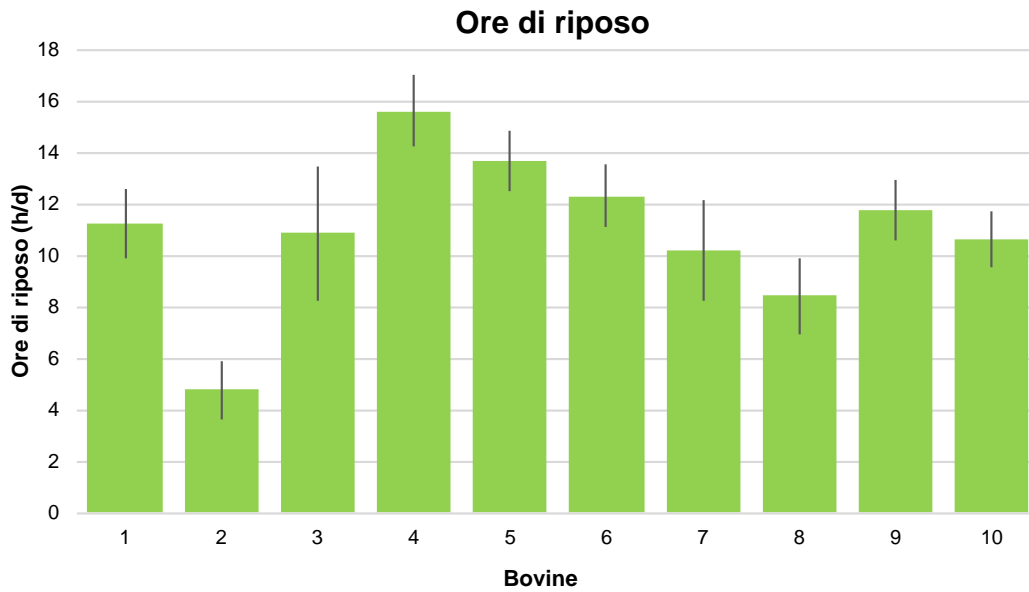


Figura 47 - Comportamento a riposo (ore/giorno) delle bovine monitorate espresso come valore medio giornaliero.

## Condizione delle bovine

### Respiri al minuto

I principali risultati del monitoraggio dei respiri al minuto sono sintetizzati in Figura 48 che riporta il confronto tra i valori medi del numero di respiri rilevati in ogni azienda nei tre periodi di rilievo (barre verdi) e i valori di THI (linea rossa) registrati al momento del rilievo del Panting Score.

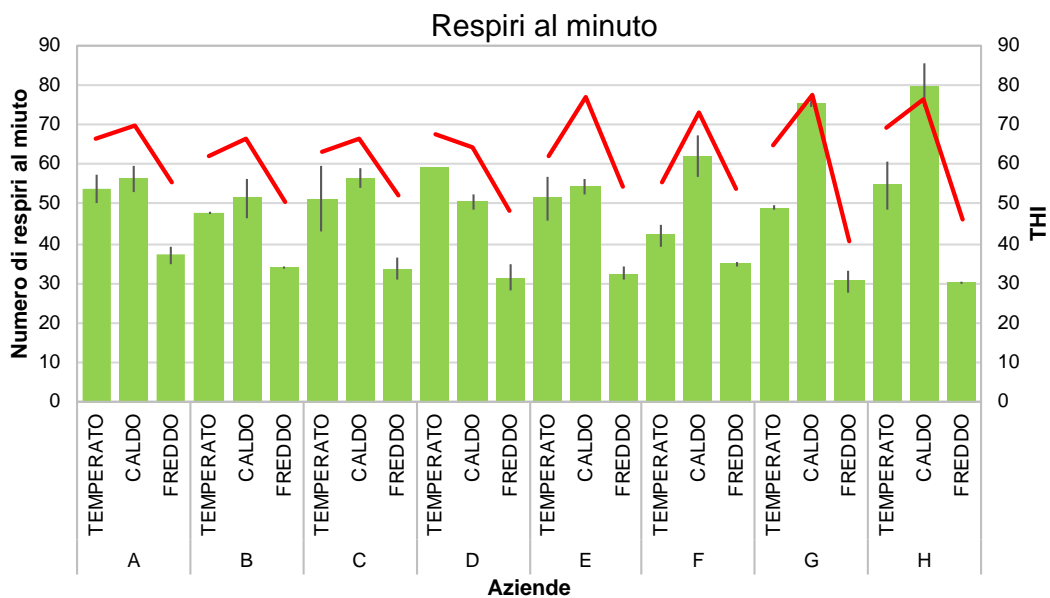


Figura 48 - Numero medio di respiri al minuto (con deviazione standard) rilevate nelle 8 strutture stabulative monitorate (A-H) nei tre differenti periodi di rilievo (temperato, caldo e freddo).

Il confronto mette in forte evidenza come i valori massimi di respiri al minuto sono stati rilevati durante il periodo caldo in concomitanza di valori di THI tra 70 e 75. Mediamente, durante il periodo caldo, la frequenza respiratoria rilevata è stata di 60 con valori massimi di 75-80 rilevati in due strutture (G e H). In queste due strutture, in condizioni di temperature elevate, la frequenza respiratoria di alcune bovine si è avvicinata a superare i 120 respiri/minuto con evidente respirazione a bocca aperta. In condizioni di temperature termoneutrali e fredde (periodo temperato e freddo) la frequenza respiratoria media rilevata è stata di circa 40 respiri/minuto che rientra in una situazione normale (Panting Score = 0).

### Analisi delle condizioni generali delle bovine

Nella Tabella 8 sono stati sintetizzati i parametri indicativi dello stato di salute degli animali rilevati all'interno del gruppo osservato. Per ognuno dei parametri riportati, in funzione della percentuale di animali che mostrano un determinato aspetto, è stata adottata una classificazione "nessuno/pochi", "alcuni", "molti". Come si può osservare le condizioni generali delle bovine monitorate durante i rilievi sono state normali senza evidenziare particolari problematiche a parte la presenza di molti animali imbrattati, e quindi con un grado basso di pulizia del corpo, in particolare in due strutture stabulative. Questa situazione rilevata potrebbe essere associata a delle cuccette non particolarmente comode che possono indurre le bovine a sdraiarsi nelle corsie o nei passaggi con conseguente imbrattamento del corpo.

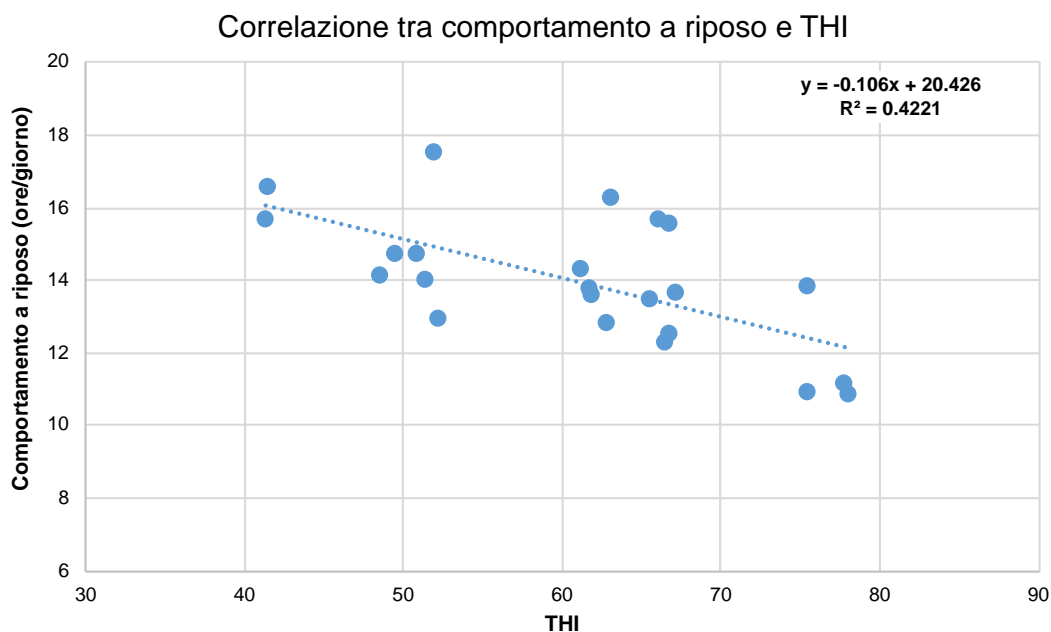
*Tabella 8 - Condizioni generali delle bovine rilevate all'interno delle 8 strutture stabulative monitorate (A-H).*

RILIEVI DELLE CONDIZIONI GENERALI DELLE BOVINE								
Parametro (descrizione)	Aziende (strutture)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Valutazione media sullo stato fisico delle bovine (magra, normale, grassa)	normale	magra	normale	normale	normale	normale	normale	normale
Presenza di animali con problemi di zoppie (molti > 10%)	alcuni	alcuni	nessuno	alcuni	alcuni	alcuni	alcuni	nessun
Presenza di animali con escoriazioni (molti > 10%)	nessuno	alcuni	alcuni	alcuni	nessuno	alcuni	nessuno	alcuni
Presenza di animali che mostrano segni di irrequietezza o paura (molti > 10%)	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	nessun
Presenza di animali sporchi con particolare riferimento alla mammella (molti > 10%)	alcuni	molti	alcuni	molti	nessuno	molti	alcuni	alcuni
Tempo in minuti di mungitura effettiva del gruppo di animali (da quando il primo animale entra in sala di attesa a quando rientra in stalla)	45	30	35	35	45	30	30	45

### Valutazione e confronto delle aziende

Tra le diverse valutazioni effettuate utilizzando i dati rilevati nelle 8 strutture durante i 3 periodi climatici è stato approfondito maggiormente la relazione e l'influenza tra le condizioni micro-ambientali e in particolare al THI e il comportamento degli animali.

A questo proposito, significativo è l'andamento del valore delle ore di riposo medio in relazione al THI all'interno della struttura rilevato nei tre diversi periodi di monitoraggio per le 8 aziende esaminate, riportato in Figura 49. Come si può notare, all'aumentare del THI nella zona di stabulazione diminuisce mediamente il tempo di riposo in ragione di 1 ora ogni 10 punti di THI.



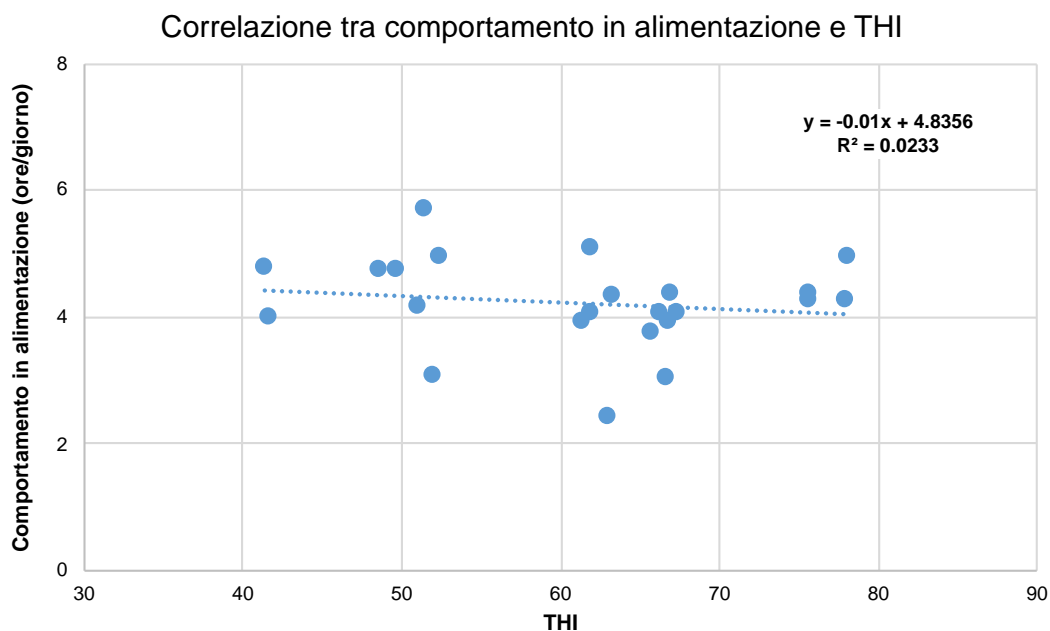
*Figura 49 - Tempo di riposo rilevato nel corso di tre periodi di rilievo nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*

Questo significa che mediamente passando dalle condizioni termoneutrali a quelle estive le bovine diminuiscono il tempo di riposo di circa 2 ore. Secondo alcune indicazioni in letteratura questo significa una riduzione di produzione di latte di circa 3,5 kg/capo al giorno rispetto a quella ottenibile. Tenendo conto quindi di quanto detto precedentemente sull'influenza del tempo di riposo sulla produttività dell'allevamento, è evidente come si debba tendere a un aumento medio di 1 ora di riposo al giorno nelle stalle esaminate e per alcune di esse si debba tendere a incrementare di 2 ore il tempo di riposo.

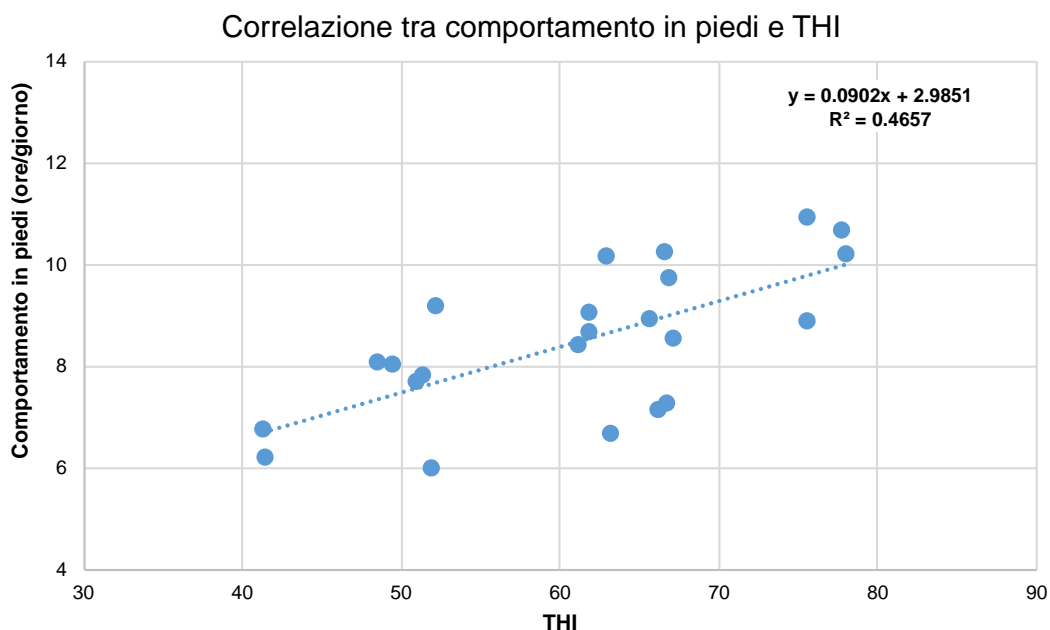
Non risulta significativa l'influenza del THI con il comportamento in alimentazione e in particolare con il numero di ore giornaliere trascorse in alimentazione. Infatti, osservando la Figura 50 si può osservare come il numero di ore in alimentazione delle bovine non sia correlato con il THI in quanto mediamente nelle 8 strutture le bovine non riducono le ore in alimentazione all'aumentare del THI durante il periodo caldo.

Prendendo in considerazione il numero di ore giornaliere che le bovine stanno in piedi si può invece osservare, come per il riposo, che un incremento di 10 punti di THI corrisponde a un aumento di 1 ora in piedi delle bovine (Figura 51).



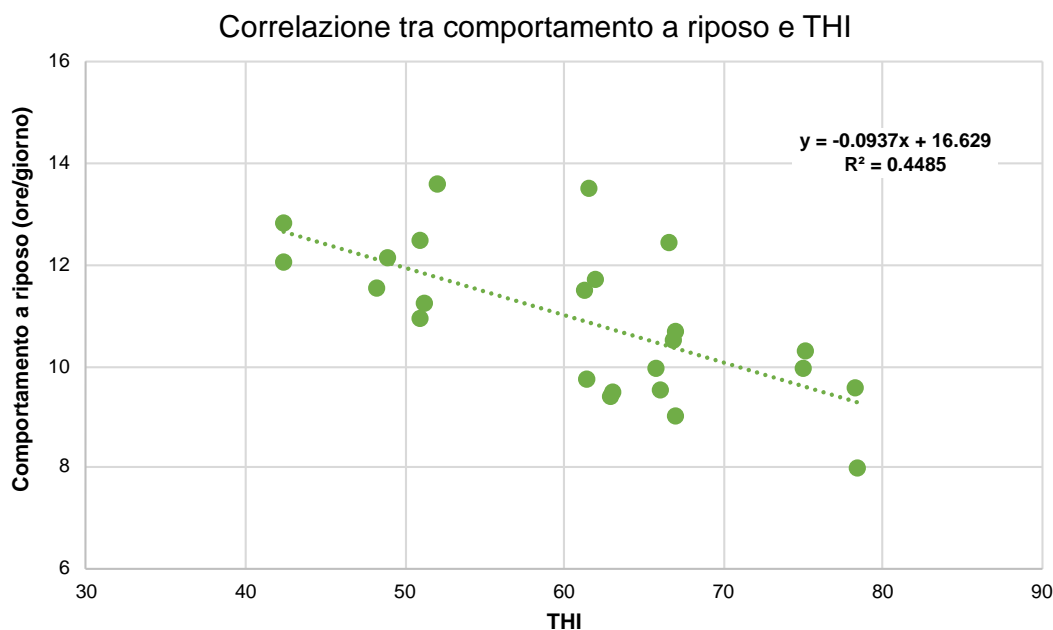


*Figura 50 - Tempo in alimentazione rilevato nel corso di tre periodi di rilievo nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*



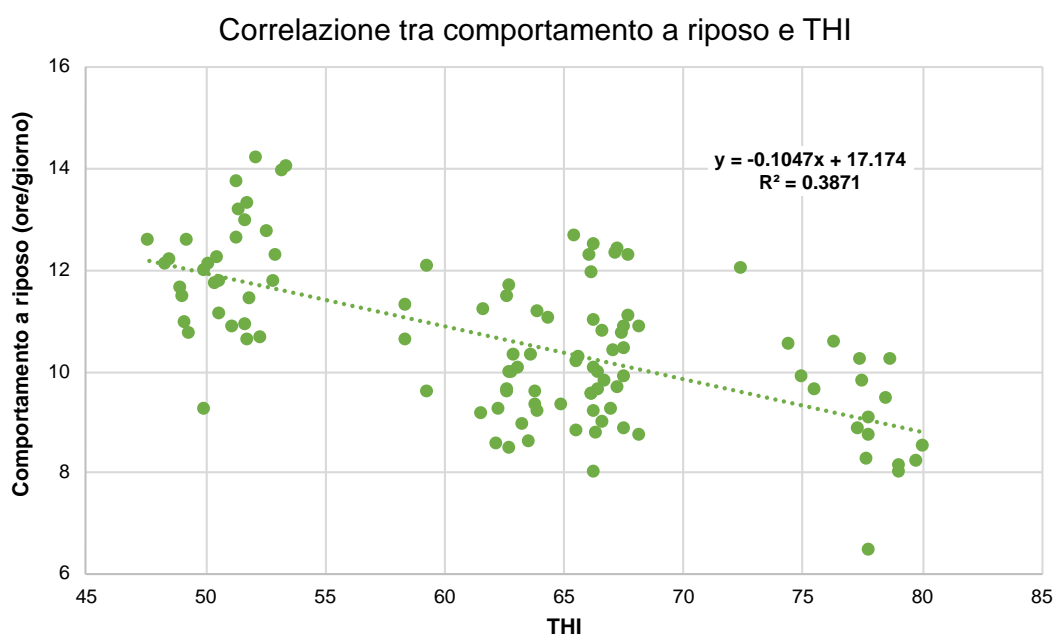
*Figura 51 - Tempo in piedi rilevato nel corso di tre periodi di rilievo nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*

La relazione e l'influenza tra le condizioni micro-ambientali e in particolare del THI e il comportamento degli animali viene confermata anche dai dati comportamentali individuali giornalieri ottenuti dal monitoraggio di 10 bovine con gli accelerometri. Anche monitorando un campione limitato, rispetto al gruppo, di animali la Figura 52 mette in evidenza la significativa influenza del THI sul comportamento a riposo.



*Figura 52 - Tempo di riposo medio rilevato con l'accelerometro su un gruppo di 10 bovine nel corso di tre periodi nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*

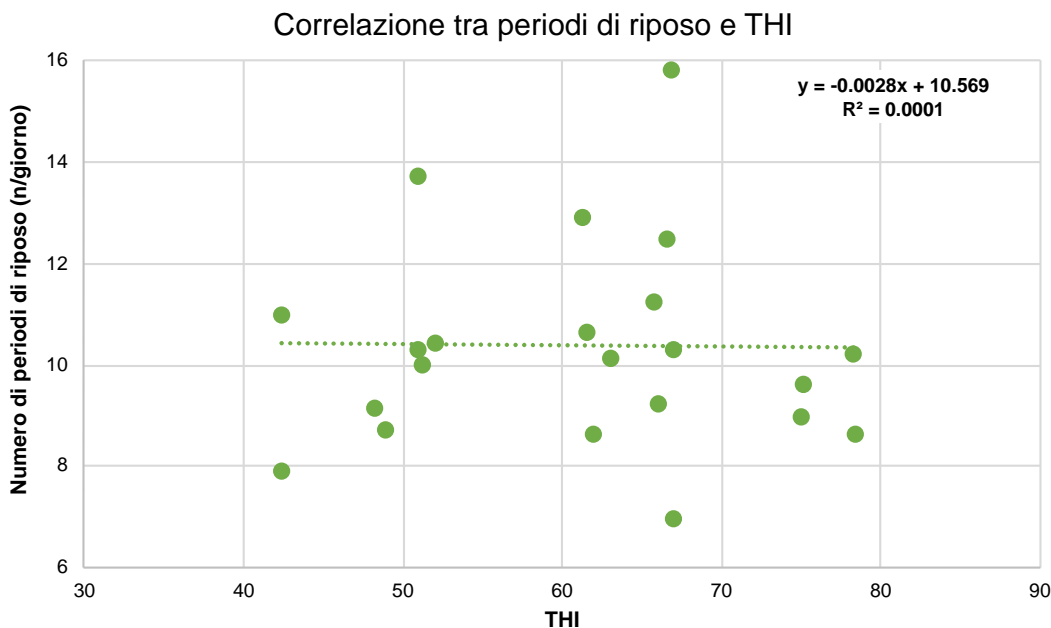
Questo risultato viene confermato anche dall'analisi dei dati dei singoli capi in cui si può evidenziare un significativo trend delle ore che il singolo capo trascorre riposando rispetto al valore di THI (Figura 53).



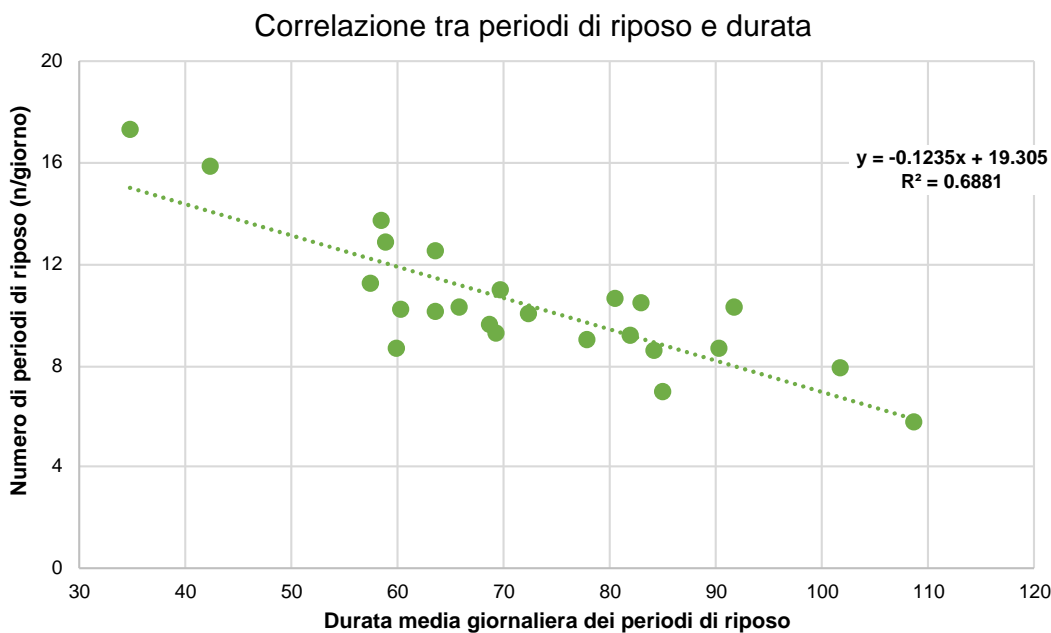
*Figura 53 - Tempo di riposo rilevato per ogni giorno di rilievo con l'accelerometro su 10 bovine nel corso di tre periodi nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*

Come già evidenziato precedentemente, durante l'analisi del comportamento, il numero di periodi di riposo non è influenzato dalle condizioni ambientali e in particolare dal THI (Figura 54). Osservando la Figura 55 si può invece notare come il numero di periodi di riposo giornalieri sia fortemente correlato con la loro durata. Infatti, all'aumentare del numero di periodi di riposo giornalieri diminuisce mediamente la loro durata con una proporzione di circa 8 minuti ogni periodo di riposo.

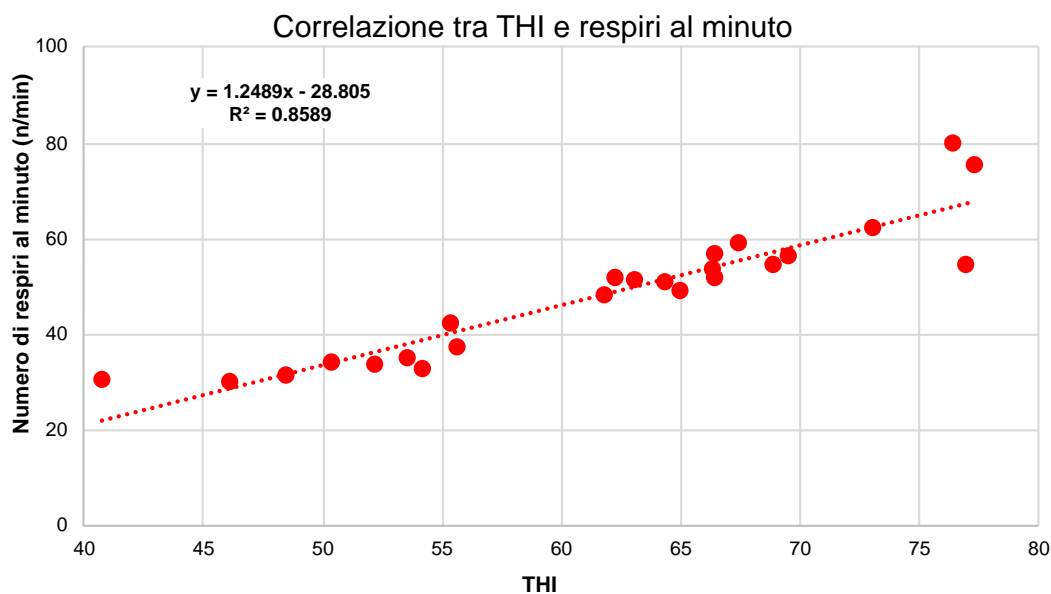
A dimostrazione dell'influenza delle condizioni ambientali sul comportamento delle bovine, se si mette in relazione il THI con il relativo valore di respiri al minuto medio delle bovine rilevato durante il monitoraggio, si ottiene il grafico di Figura 56 dal quale si evidenzia la forte correlazione tra il THI e la frequenza respiratoria. All'aumentare del THI, soprattutto nel periodo caldo, gli atti respiratori al minuto aumentano in modo significativo, come anche evidenziato dal valore del coefficiente di determinazione. Mediamente ogni 10 punti di incremento di THI corrispondono ad un aumento della frequenza respiratoria di circa 15 respiri al minuto. Il valore di incremento dei respiri al minuto risulta rilevante considerando che in condizioni normali la frequenza respiratoria si attesta tra i 30 e i 40 respiri al minuto.



*Figura 54 – Numero di periodi di riposo in relazione al THI*

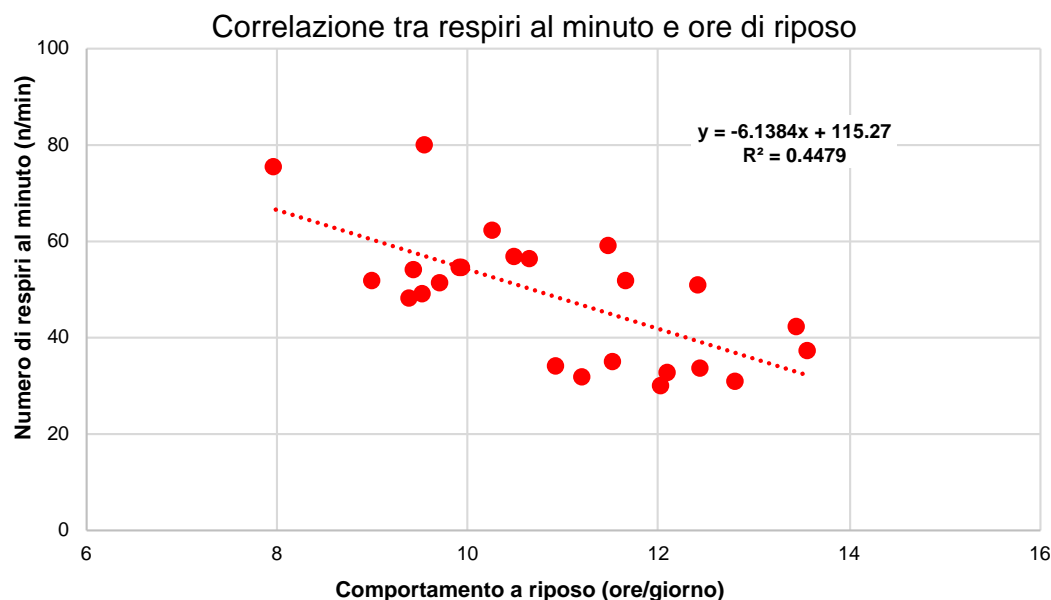


*Figura 55 – Numero di periodi di riposo in relazione alla loro durata*



*Figura 56 - Numero di respiri al minuto rilevato nel corso di tre periodi di rilievo nelle strutture monitorate in funzione di temperatura e umidità espresse dal THI.*

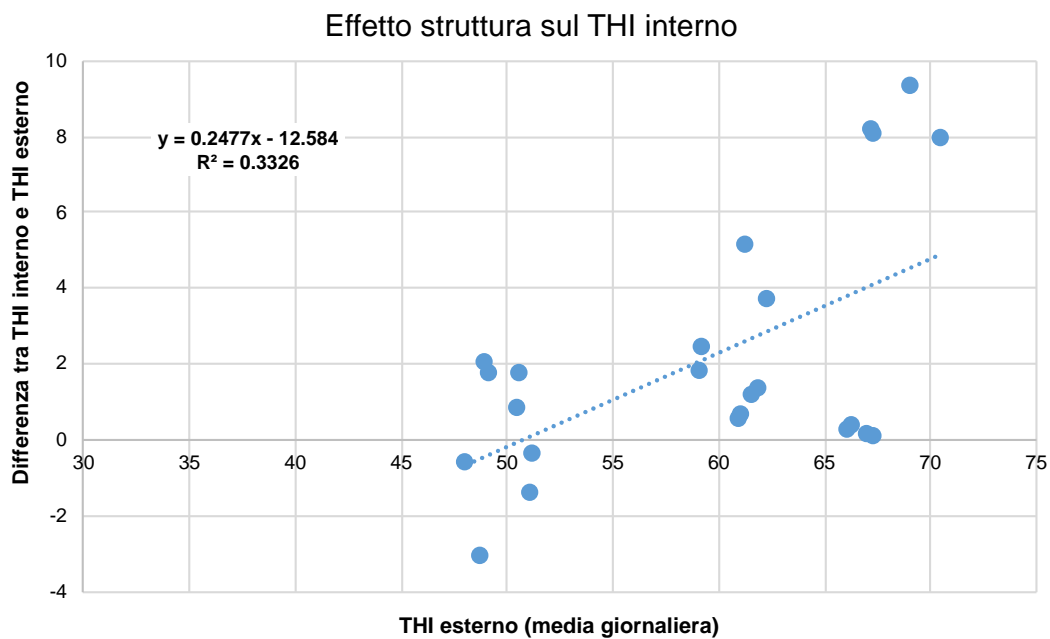
Un THI elevato può causare nelle bovine un maggior stato di agitazione che porta ad un aumento della frequenza respiratoria e ad un probabile calo nell'utilizzo delle cuccette con conseguente riduzione del riposo e stress della bovina. La correlazione tra frequenza respiratoria e riposo delle bovine viene evidenziata in Figura 57. Come si può osservare, all'aumentare della frequenza respiratoria diminuisce mediamente il tempo di riposo.



*Figura 57 - Numero di respiri al minuto rilevato nel corso di tre periodi di rilievo nelle strutture monitorate in funzione del tempo di riposo delle bovine.*

Il ruolo della stalla, in questo contesto è sicuramente rilevante. Nell'arco della giornata, le condizioni ambientali cambiano ma se si considerano i valori medi di THI si può constatare che il valore all'interno della stalla è superiore a quello esterno. Questo dipende molto dalle condizioni di ventilazione e della capacità della struttura di limitare l'incremento della temperatura nelle ore calde (coibentazione e inerzia termica). L'incremento di THI all'interno della stalla è tanto maggiore quanto il valore esterno è più alto.

La Figura 58 mostra chiaramente questo andamento, ma evidenzia anche che il ruolo della struttura è sicuramente rilevante. Infatti, è evidente che con valori di THI medi giornalieri nel range tra 66-71 le 8 strutture si dividono in due gruppi ben distinti. Il primo gruppo mantiene incrementi di THI contenuti e quindi le bovine rimangono a temperature al disotto dei valori di stress da caldo. Nel secondo gruppo, invece, gli incrementi di THI sono molto più rilevanti (fino a 9 punti) con ripercussioni sullo stato degli animali, nonostante la presenza di sistemi di raffrescamento. Ovviamente le motivazioni di queste differenze vanno ricercate in una serie di fattori e devono tener conto delle condizioni metereologiche nei giorni di rilievo. Nelle strutture di stabulazione il valore di THI aumenta rispetto a quello esterno soprattutto in condizioni estive. L'incremento dipende molto dalla capacità delle strutture di attenuare il passaggio di calore attraverso la copertura e dall'efficienza di ventilazione.



*Figura 58 - Valori di THI esterno e differenza tra THI interno ed esterno nelle strutture esaminate*

Dall'analisi dei dati ottenuti si può anche evidenziare come la differenza di THI tra interno ed esterno sia strettamente legata alla temperatura della superficie interna della copertura. Questo è ben rappresentato dalla correlazione tra la differenza di THI tra interno ed esterno e la differenza tra la temperatura della copertura e della corsia di foraggiamento (Figura 59). Quando si verifica un riscaldamento della copertura si riscontra anche una più elevata differenza tra THI interno ed esterno a ribadire l'importanza di un buon isolamento termico della copertura delle stalle.

### Confronto THI ambientale e differenza esterno interno

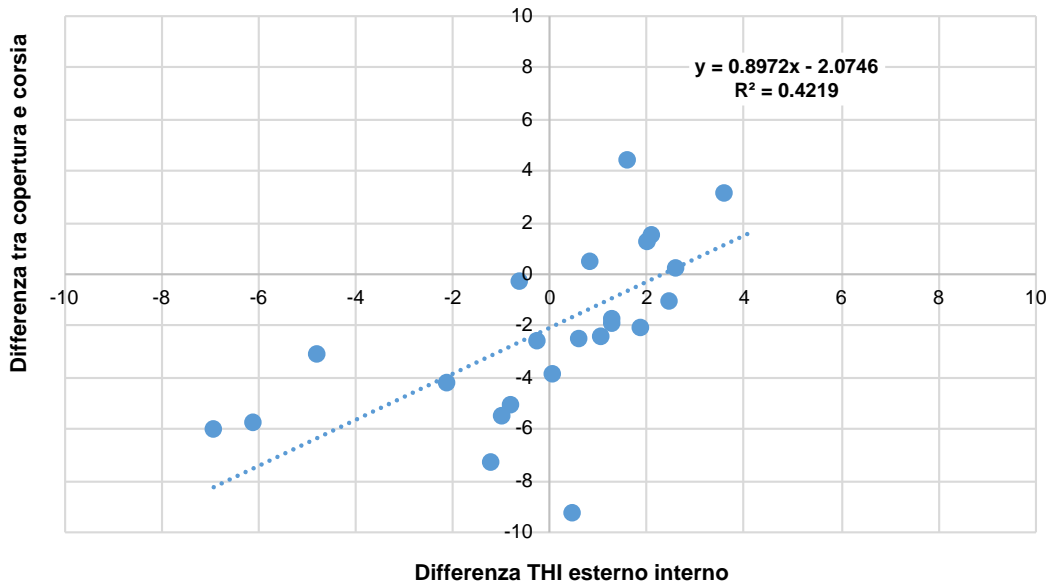


Figura 59 – Differenza di temperatura tra superficie interna della copertura in relazione alla differenza tra THI interno ed esterno nelle strutture esaminate

### Utilizzo del software di valutazione

Mediante l'utilizzo della metodologia di valutazione predisposta, è stato attribuito un punteggio ad ogni struttura disaggregato in 5 diversi aspetti:

- Layout della struttura;
- Attrezzature;
- Microclima;
- Comportamento delle bovine;
- Gestione dell'allevamento.

I risultati ottenuti, riportati in Figura 60, permettono di evidenziare come le diverse stalle rispondano in modo diverso ai criteri ottimali per i diversi parametri (valutati con una scala da 0 a 100). Si può constatare come nessuna delle strutture esaminate risponda pienamente a criteri progettuali e gestionali teorici. Questo rafforza la necessità di maggiori investimenti sugli elementi strutturali della zona di stabulazione e di maggiore attenzione alla gestione della stalla. Osservando le diverse elaborazioni grafiche dei punteggi si può osservare che ogni struttura monitorata a degli aspetti ottimali nei quali vengono raggiunti punteggi elevati superiori a 80 come per esempio la struttura G per quanto riguarda il layout e la gestione. Al contrario, una maggiore attenzione deve essere posta su quegli aspetti che invece risultano deficitari o in alcuni casi anche critici. Infatti, in quasi tutte le strutture gli aspetti legati al comportamento delle bovine e il microclima sono risultati bassi e in alcuni casi inferiore al punteggio di 30.

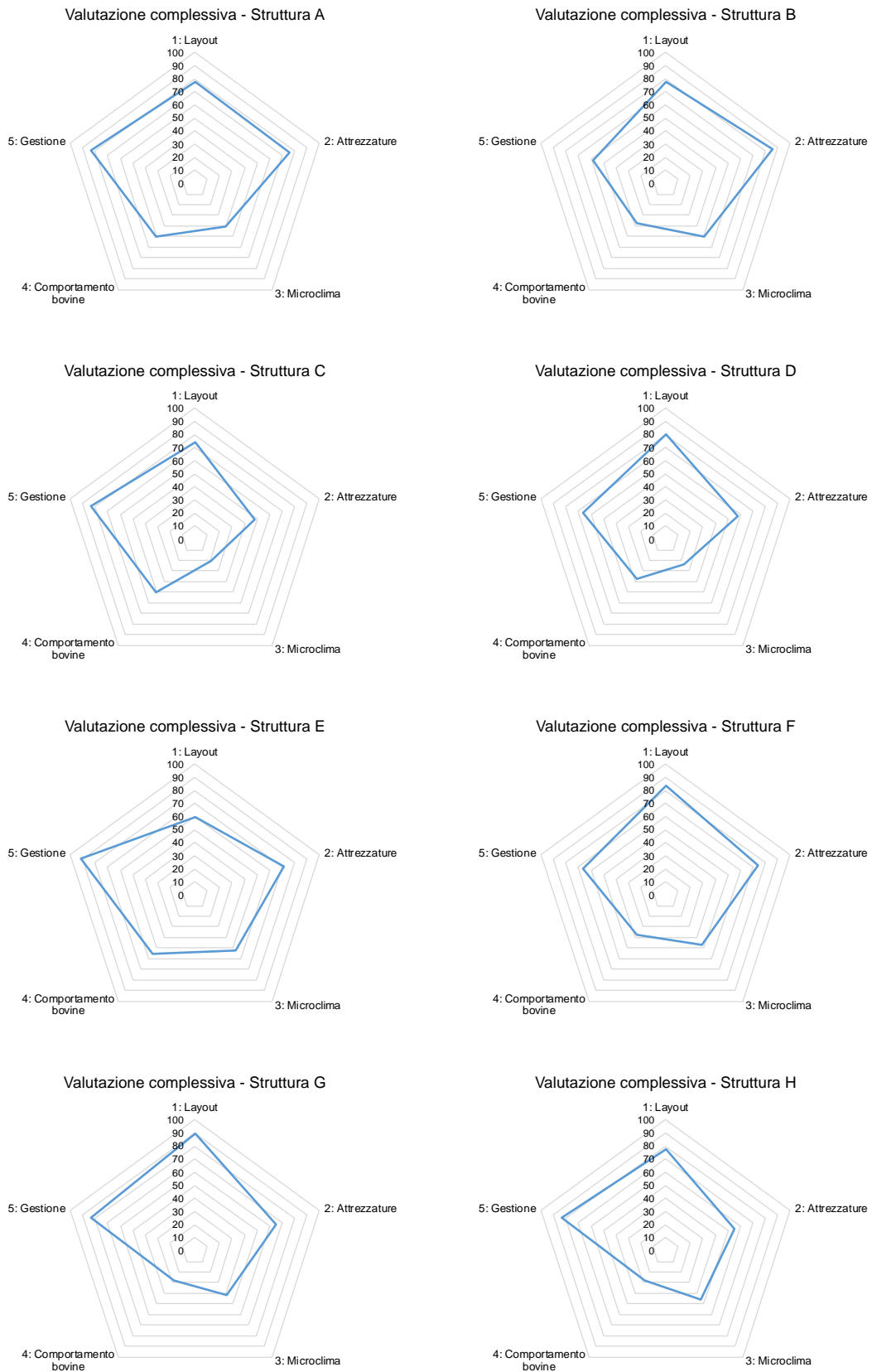
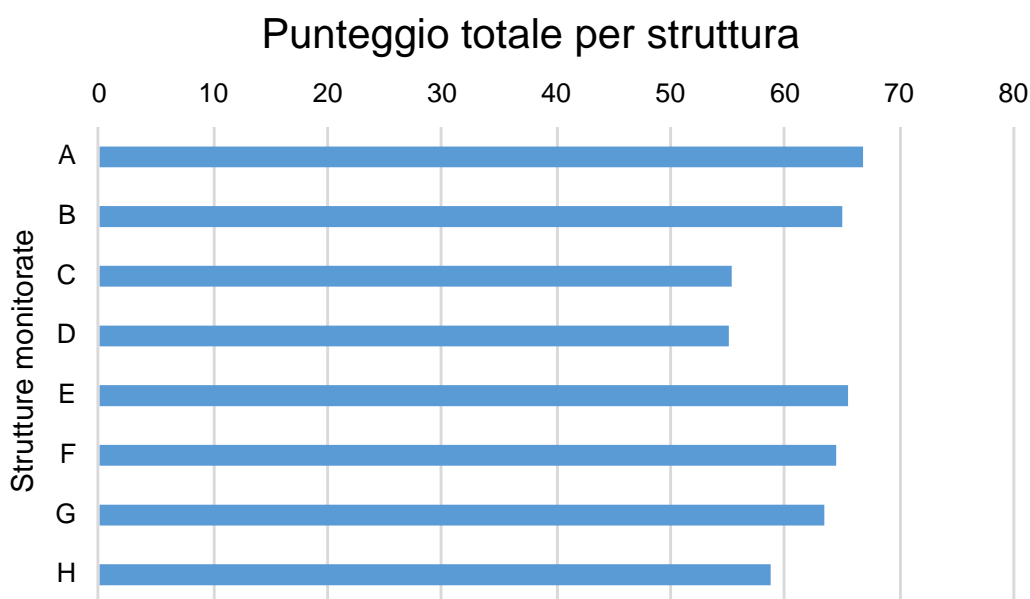


Figura 60 - Elaborazione grafica dei punteggi ottenuti dall'analisi dei parametri esaminati mediante l'applicazione del software nelle 8 strutture monitorate.

Sommando i punteggi dei diversi parametri esaminati, si ottiene un punteggio complessivo (Figura 61) per le stalle monitorate con un valore medio di 61.8 con un punteggio massimo di 67 e un punteggio minimo di 55.

Oltre alla valutazione complessiva delle strutture con punteggi mediante l'applicazione del software e dell'App è stata effettuata anche una valutazione dell'adeguatezza della cuccetta che ha richiesto l'analisi combinata delle diverse misure e caratteristiche. In questo modo è possibile individuare gli eventuali interventi correttivi per migliorarne il comfort. È stato utilizzato un metodo di punteggi per ognuna delle caratteristiche della cuccetta che, opportunamente ponderati, consentono di ottenere una valutazione sintetica di questa fondamentale attrezzatura.



*Figura 61 - Punteggi complessivi delle 8 strutture monitorate ottenuti dalla somma degli aspetti valutati dal software.*

I risultati dell'applicazione di questa metodologia alle stalle monitorate, riportata in Figura 62, evidenzia come in tutte le aziende ci sia una possibilità di miglioramento e che la valutazione media è il 75% del valore ottimale. La riduzione del punteggio è associata a una diminuzione del comfort della cuccetta che si traduce in una riduzione dell'utilizzo da parte dell'animale, come effettivamente riscontrato nelle stalle monitorate.



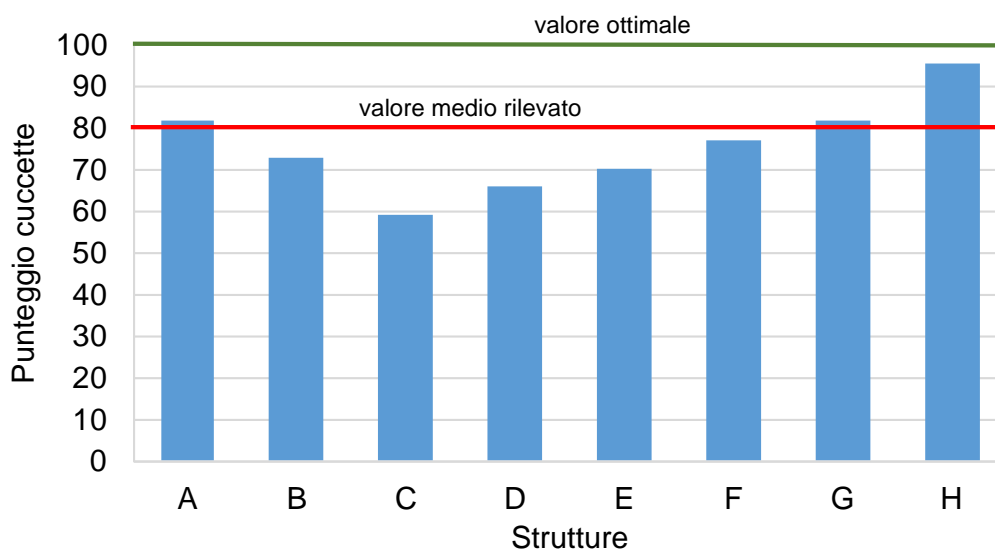


Figura 62 - Valutazione dell'adeguatezza delle cuccette nelle strutture monitorate mediante punteggi ottenuti dall'analisi dei principali parametri della cuccetta.

Analizzando in dettaglio il punteggio medio di ogni singolo aspetto o principale caratteristica della cuccetta, riportato in Figura 63, è possibile individuare quali aspetti risultano ottimali e quali invece risultano critici e che devono essere presi in considerazione per interventi migliorativi. Tra i vari aspetti quelli che sono risultati più carenti sono lo spazio anteriore, che mediamente nelle 8 strutture ha ottenuto un punteggio di 37.5 e l'altezza dell'educatore che mediamente ha ottenuto un punteggio di 62.5.

### Valutazione dei singoli aspetti della cuccetta

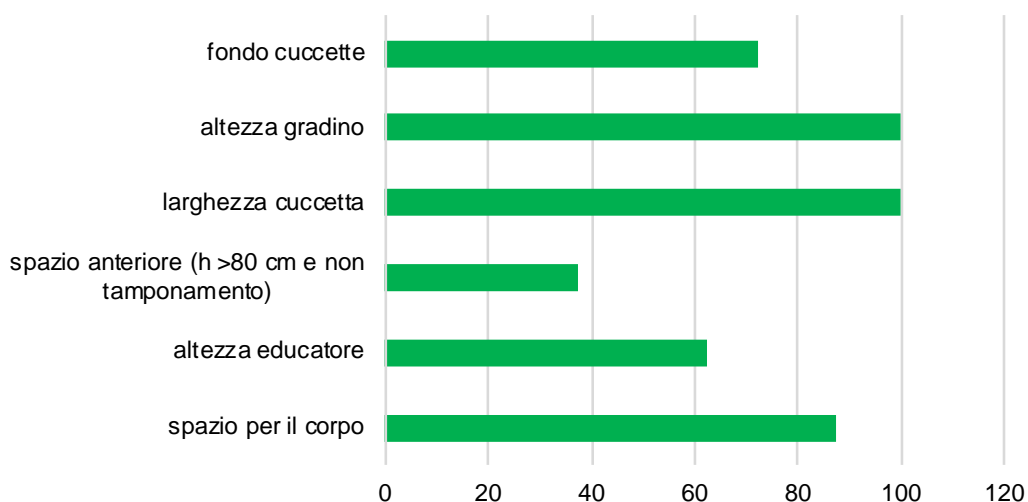


Figura 63 - Punteggi medi delle 8 strutture monitorate suddivisi per ogni singolo aspetto valutato.

## Conclusioni

L'allevamento di bovini da latte ha visto nel corso degli ultimi decenni una rapida evoluzione che ha riguardato sia il miglioramento genetico degli animali, sia le tecniche di allevamento sempre più orientate ad ottenere una produzione di latte qualitativamente e quantitativamente elevata. In questo contesto, il progetto ha preso in considerazione la situazione attuale delle strutture degli allevamenti di bovini da latte in Lombardia che evidenziano, in molti casi e anche in recenti realizzazioni, carenze progettuali che possono influenzare negativamente l'ambiente interno nelle zone di stabulazione e, di conseguenza, la gestione e le prestazioni dell'allevamento stesso. Durante il progetto sono state affrontate le tematiche del miglioramento e dell'innovazione nella gestione degli allevamenti lombardi di bovine da latte e sono state divulgate, attraverso le attività dei 2 sottoprogetti (Dimostrazione e Informazione), informazioni e conoscenze riguardo ai criteri progettuali per le strutture di stabulazione per bovini da latte e alla gestione della stalla in relazione al benessere degli animali e alla sostenibilità ambientale ed economica dell'allevamento.

Nel corso del progetto sono state monitorate 8 differenti strutture di stabulazione, nelle quali sono stati effettuati rilievi in 3 diversi periodi dell'anno dei principali parametri strutturali, funzionali, gestionali, ambientali e comportamentali che possono influire sulla produttività e sul benessere delle bovine. A questo scopo è stata messa a punto una metodologia (schede di monitoraggio e di rilievo) e una strumentazione appositamente studiata per rilevare e impiegare efficacemente le informazioni rilevate per il miglioramento del benessere e delle prestazioni degli animali e per individuare eventuali punti critici dell'allevamento e gli interventi che possono migliorare la situazione. Il progetto ha illustrato e dimostrato la metodologia di rilievo con cui possono essere rilevate le informazioni dell'allevamento utili a fornire una valutazione, rispetto ai criteri ottimali, della funzionalità di un allevamento in modo oggettivo e con strumentazione a basso costo.

Le attività del progetto hanno evidenziato come i diversi aspetti della struttura di stabulazione e le condizioni ambientali interne possono influenzare il benessere delle bovine. I risultati ottenuti hanno confermato la significativa influenza delle condizioni ambientali all'interno della struttura sul comportamento degli animali e, in particolare, sul comportamento a riposo (ore/giorno), fattore considerato indicativo delle buone condizioni di allevamento e correlato alle prestazioni produttive delle bovine. Inoltre, la significativa correlazione tra il THI e la frequenza respiratoria ha evidenziato come le condizioni ambientali e in particolare lo stress da caldo durante il periodo estivo possono modificare lo stato psico-fisico delle bovine con conseguente riduzione del riposo e stress della bovina. I risultati hanno evidenziato che anche il ruolo della struttura è sicuramente rilevante, specialmente nel determinare le condizioni ambientali interne e in particolare il THI interno alla struttura. Il progetto ha quindi messo in evidenza la relazione tra gli aspetti analizzati e la sostenibilità tecnica e ambientale dell'allevamento tenendo conto dell'effetto sul benessere delle bovine e sull'impatto ambientale dell'allevamento.

Infine, i dati raccolti negli allevamenti durante il progetto e la metodologia di analisi della stalla messa a punto sono stati schematizzati per la predisposizione di un software su web e di una App per Android, utilizzabile liberamente, che consente di elaborare i dati sulle strutture, la gestione della stalla, i dati di sanità, benessere e comportamento e i dati di produzione per analizzare la situazione aziendale, individuare i punti di forza e di debolezza e proporre interventi di miglioramento. La valutazione delle strutture monitorate tramite l'applicazione del software a permesso di evidenziare come le diverse strutture rispondano in modo diverso ai criteri ottimali per i diversi parametri. In questo modo è stato possibile

individuare gli eventuali interventi correttivi per migliorare la gestione e la funzionalità dell'allevamento.

Il miglioramento delle condizioni ambientali e del benessere delle bovine può comportare un beneficio in termini sia di quantità e qualità del latte prodotto, sia di riduzione dei costi legati a stati patologici e infertilità. In definitiva, gli interventi derivanti dall'utilizzo dei risultati del progetto garantiscono un miglioramento della sostenibilità economica e ambientale dell'allevamento da latte.

### *Ringraziamenti*

*Questo progetto non si sarebbe potuto svolgere senza la disponibilità delle aziende agricole che sono state coinvolte nelle attività. Un ringraziamento particolare alle persone che a vario titolo hanno supportato con la loro disponibilità e cortesia le attività di monitoraggio e di dimostrazione svolte nelle loro aziende.*

## Materiale disponibile sul sito web

Sul sito web del progetto (<https://costruzionirurali.unimi.it/progetto-lastaben/>) sono disponibili documenti a completamento di quanto riportato nel presente rapporto.

In particolare, sono scaricabili dal sito i seguenti prodotti del progetto:

- modulo per il rilevamento delle informazioni aziendali ai fini della valutazione della struttura e delle attrezzature in relazione al benessere animale
- modulo utilizzato nel corso del progetto per l'effettuazione del monitoraggio del comportamento delle bovine e dei rilievi ambientali
- indicazioni operative per l'utilizzo degli accelerometri (Hobo Pendant)
- software per la valutazione delle strutture di stabulazione
- libretto informativo sulle strutture la latte
- diapositive presentate nel corso degli incontri informativi



Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020

**Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale:  
l'Europa investe nelle zone rurali**

Publicazione realizzata con il cofinanziamento del FEASR  
Responsabile dell'informazione: Università degli Studi di Milano - DiSAA  
Autorità di Gestione del Programma: Regione Lombardia