

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015
DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER
LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E DGR N. 2268
DEL 28 DICEMBRE 2015**

RELAZIONE TECNICA X FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5005201

DOMANDA DI PAGAMENTO 5153661

FOCUS AREA: 2A

Titolo Piano	Compost barn per le vacche da latte nell'area del Parmigiano Reggiano: una soluzione stabulativa innovativa, sostenibile e alternativa alle cuccette
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Fondazione CRPA Studi Ricerche
Elenco partner del Gruppo Operativo	Centro Ricerche Produzioni Animali S.p.A. – C.R.P.A. Università degli studi di Firenze Associazione Regionale Allevatori dell'Emilia-Romagna Azienda Agricola Ceinar Paolo (azienda A) Azienda Agricola Biologica Biogold di Goldoni Giovanni & C. (azienda B) Società Agricola Arca (azienda C) Società Agricola La Valle di Bandini Paolo e Andrea (azienda D) Società Agricola Ozzanello di Bricoli e Giarelli (azienda E) Azienda Agricola IRIS di Avanzini Umberto, Davide, Iris e Cecchi Carolina (azienda F) Azienda Agricola Arcobaleno di Teggi Romano (azienda G)

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	15 luglio 2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	11 gennaio 2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	15 luglio 2016	11 gennaio 2020
Data rilascio relazione	17 marzo 2020	

Autore della relazione	Dr. Paolo Rossi		
telefono	0522 426000	email	p.rossi@crpa.it

Sommario

1.	Descrizione del Piano.....	3
1.1.	Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano	3
2.	Descrizione per singola azione.....	4
2.1.	Attività e risultati.....	4
2.2.	Personale	12
2.2.	Trasferte.....	13
2.3.	Materiale consumabile.....	14
2.4.	Spese per materiale durevole e attrezzature	15
2.6.	Attività di formazione	15
2.7.	Collaborazioni, consulenze, altri servizi	16
2.8.	Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività.....	16
3.	Altre informazioni	17
4.	Considerazioni finali	17
5.	Relazione tecnica	17

1. Descrizione del Piano

Il Piano del GOI Compost barn è stato completato.

Il Piano è composto dall'Esercizio della cooperazione, da studi preliminari necessari alla realizzazione del piano (Azione 1), da analisi tecnico-economiche su casi reali relativi all'innovazione proposta (Azione 2), da verifiche di campo presso 3 aziende pilota (Azione 3) e dalle valutazioni finali relative all'utilizzo della tecnica compost barn (Azione 4). Inoltre, sono previsti un Piano di divulgazione e di trasferimento dei risultati, con implementazione della rete PEI, e un'attività di Formazione rivolta alle aziende agricole partner del GOI.

Una proroga di sei mesi della durata del progetto è stata richiesta all'organo competente della Regione Emilia Romagna, a causa del ritardo nel completamento dei lavori di costruzione della nuova stalla compost barn dell'azienda A, partner del GOI e azienda pilota del piano. Tale proroga è stata giustificata dalla necessità di avere l'avvio dell'attività d'allevamento nella nuova stalla, allo scopo di poter eseguire le attività dell'Azione 3 relative a questa azienda. Purtroppo, alla conclusione del piano, la stalla non è ancora completata, a causa di problematiche di diverso ordine che si sono verificate durante i lavori di costruzione e che hanno portato dapprima a rallentamenti nelle pratiche d'avvio e poi all'interruzione dei lavori di costruzione della stalla stessa.

Per supplire a questo problema, sono state messe in atto due azioni specifiche:

- eleggere l'attuale stalla a compost dell'azienda A a stalla pilota, con i limiti di una struttura non progettata in modo specifico per questa soluzione stabulativa, ma risultante dall'adattamento di una tettoia già esistente in azienda;
- trovare due nuove stalle a compost, in azienda al di fuori del partenariato GOI (azienda H), adeguatamente progettate, nelle quali svolgere attività aggiuntive analoghe a quelle svolte nelle altre stalle pilota, anche se per un periodo più limitato.

1.1. Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto*	Mese termine attività effettivo
Cooperazione	FCSR, CRPA	Coordinamento e monitoraggio	1	1	42	42
Azione 1	FCSR, CRPA, UNIFI	Studi necessari alla realizzazione del piano	1	1	12	24
Azione 2	FCSR, CRPA, UNIFI, Ceinar, Biogold, Arca, Arcobaleno, Iris, Ozzanello, La Valle	Analisi tecnico-economiche	6	6	12	24

Azione 3	FCSR, CRPA, UNIFI, ARAER, Ceinar, Biogold, Arca	Verifiche di campo	13	13	30	40
Azione 4	FCSR, CRPA, UNIFI, ARAER	Valutazione finale	31	31	42	42
Divulgazione	FCSR, CRPA	Divulgazione	7	7	42	42
Formazione	FCSR	Coaching aziendale	7	7	42	42

* calcolato dal 15 Luglio 2016, data della delibera di approvazione

2. Descrizione per singola azione

2.1. Attività e risultati

Azione	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il Gruppo Operativo Compost barn ha confermato alla Regione l'interesse alla realizzazione del Piano e si è costituito in forma di ATS con atto notarile registrato in Reggio Emilia in data 30 Ottobre 2016, numero 13869.</p> <p>Il kick-off meeting del Piano si è tenuto in data 1° dicembre 2016 presso la sede di CRPA, successivamente alla costituzione in ATS, per poter portare avanti le attività tecniche in modo concordato e nei tempi programmati. In questa occasione sono stati formati i gruppi di lavoro previsti per ogni azione del Piano e assegnati ruoli e responsabilità a ciascun partner come previsto nel Piano approvato.</p> <p>In seguito, il comitato del Piano si è riunito ufficialmente nei seguenti giorni, presso il CRPA o presso aziende partner:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 luglio 2017; • 22 ottobre 2018; • 13 dicembre 2019. <p>Le riunioni del comitato del Piano sono servite per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il monitoraggio e il controllo tecnico; - il monitoraggio e il controllo amministrativo e finanziario. <p>Inoltre, si sono svolti numerosi incontri presso le aziende, per discutere aspetti del progetto e affrontare problematiche nella gestione delle stalle o nella conduzione dello stesso piano operativo.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da FCSR con il supporto di CRPA, verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono state supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di FCSR, conforme alla norma ISO 9001:2008.</p>

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi del Piano, in relazione all'esercizio della cooperazione, sono stati pienamente raggiunti. Infatti, sebbene il comitato di piano si sia riunito un numero di volte minore rispetto a quanto preventivato, per difficoltà oggettive nel fissare riunioni con un numero così elevato di aziende, di fatto i problemi che di volta in volta si manifestavano sono stati sempre affrontati in modo pronto ed efficace dal gruppo di lavoro del GOI, grazie a incontri non ufficiali presso CRPA o presso le singole aziende partner. Inoltre, sono state svolte attività aggiuntive non previste, in particolare da parte dei tecnici di CRPA contattati da alcune aziende agricole che hanno mostrato interessamento alla tecnica compost barn, anche a seguito delle prime attività di divulgazione svolte dal GOI (articoli) e in occasione di seminari e attività di formazione extra-GOI. Tale attività si è concretizzata in visite aziendali o in incontri presso il CRPA con i titolari delle aziende e nella consulenza tecnica specifica. Un contatto particolarmente rilevante è stato quello con il Biodistretto della Val di Vara, finalizzato alla presentazione di un progetto specifico sul PSR Regione Liguria e riguardante l'innovazione delle strutture d'allevamento e l'introduzione della tecnica compost barn per il comparto bovino. Tale progetto è stato finanziato ed è stato svolto nella sua prima fase, alla quale ha seguito la presentazione della seconda fase, attualmente in attesa di valutazione.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p>

Azione	Azione 1 – Studi necessari alla realizzazione del Piano
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA, UNIFI
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'Azione 1 si è conclusa come da progetto.</p> <p>La fase 1 (Individuazione delle tipologie di compost barn adottabili nell'area del Parmigiano Reggiano) ha previsto un'analisi a livello mondiale della tecnica compost barn, con ampia rassegna di tipologie e dati tecnici e individuazione di modelli che possono essere proposti nell'area specifica del Piano. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 1.1 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>La fase 2 (Modelli progettuali di compost barn) ha previsto inizialmente l'analisi di un database di CRPA costituito da un campione di 521 aziende agricole con allevamenti bovini da latte; da questo database sono state ottenute indicazioni sulle tecniche d'allevamento prevalenti in area Parmigiano Reggiano. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 1.2.1 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>Quindi, sono stati definiti 4 modelli di stalle tradizionali, che fanno riferimento a due mandrie di progetto (130 e 200 vacche da latte) rappresentative della situazione attuale e futura della zona del Parmigiano Reggiano. Per questi modelli sono state redatte le tavole di progetto. Per questi stessi modelli tradizionali (3 stalle a cuccetta e una stalla a lettiera permanente) è stata ipotizzata la ristrutturazione a compost barn, con redazione delle tavole di progetto. Infine, sono state progettate 3 soluzioni nuove di stalle compost (contro le 2 previste dal progetto), con redazione delle tavole di progetto. I risultati di questa fase sono riportati nei paragrafi 1.2.2, 1.2.3 e 1.2.4 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>La fase 3 ha previsto il calcolo dei costi di costruzione di tutti gli schemi di stalla realizzati nella fase precedente; mediante lo strumento del computo metrico estimativo si è giunti alla stima del più probabile costo di costruzione e quindi sono stati calcolati i principali costi a parametro. Questa fase ha previsto più attività rispetto a quanto preventivato: infatti, sono stati redatti 14 computi metrici estimativi anziché i 6 previsti dal piano. Di conseguenza, sono state poi redatte 14 schede economiche riassuntive, anziché le 6 previste, con i costi di costruzione suddivisi per le singole opere e lotti e con indicazione dei costi a parametro. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 1.3 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>La fase 4, non direttamente legata alle 3 precedenti, ha previsto un'indagine sul livello di conoscenza e sull'opinione di veterinari aziendali sulla tecnica compost barn. Sono state svolte 16 interviste (anziché le 10 previste dal progetto), perché il comitato di Piano ha deciso di ampliare nel limite del possibile questa indagine. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 1.4 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano, in relazione all'Azione 1, è conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Sono state svolte maggiori attività rispetto a quelle previste, come descritto in precedenza.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>

Azione	Azione 2 – Analisi tecnico-economica su casi reali
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA, UNIFI, Ceinar, Biogold, Arca, Arcobaleno, Iris, Ozzanello, La Valle
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nella fase 1 (Definizione dello stato di fatto dei casi reali) sono stati raccolti tutti i dati e i documenti disponibili presso le 7 aziende (progetti, computi metrici, misure)finalizzati alla definizione dell'assetto strutturale delle stalle eal calcolo dei costi di produzione del latte nello stato di fatto, mediante strumento informatico Milk Money. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 2.1 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>La fase 2 (Introduzione di compost barn nei casi reali) ha portato alla valutazione tecnico-economica, per le aziende partner, del passaggio da stalle convenzionali a stalle compost. Ovviamente, tale passaggio è reale per 3 aziende ed è ipotetico per le altre 4, quindi i procedimenti di stima seguiti sono differenti da azienda ad azienda. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 2.2 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'Azione 2 è quella che ha subito le maggiori modifiche rispetto a quanto scritto nel progetto originale. Infatti, il gruppo di lavoro ha deciso di operare in modo differente, anche per effetto di quanto fatto in più nell'azione precedente. L'Azione 1 ha messo a disposizione un quadro completo di modelli di stalle e di costi parametrici per tutti i tipi di stalle (compost barn e convenzionali) e questo ha reso del tutto inutile la progettazione e la computazione dei costi delle 4 stalle reali e della loro ristrutturazione in compost barn, perché il procedimento più logico e più preciso è l'applicazione dei costi parametrici, cioè l'adozione di quello che nell'estimo viene definito procedimento di stima sintetico-comparativo. Peraltro, c'è anche un'importante motivazione tecnica a sostegno delle scelte operate: per poter redigere un computo metrico estimativo analitico che abbia buone possibilità di indicare il più probabile costo di costruzione è assolutamente necessario conoscere tutte le caratteristiche strutturali, edilizie e impiantistiche della stalla da valutare; ciò è praticamente impossibile nel caso di stalle già esistenti, soprattutto se le strutture hanno un'età di parecchi anni, come quelle in questione.</p> <p>Inoltre, in questa azione non è stato svolto il calcolo del costo di produzione del latte nello stato di progetto; questa attività, infatti, è stata erroneamente inserita in questa Azione nella stesura del progetto, ma in realtà è inserita nuovamente e giustamente nell'Azione 4, perché per poter svolgere la stima del costo di produzione del latte nella situazione ex-post (stato di progetto) è necessario stimare una serie di valori che hanno attinenza con la gestione delle stalle CB; questi valori derivano dalle analisi svolte nell'Azione 3 e nella stessa Azione 4.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>

Azione	Azione 3 – Verifiche di campo in 3 aziende pilota
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA UNIFI, ARAER, Ceinar, Biogold, Arca
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'Azione 3 ha interessato le 3 aziende del GOI che hanno investito nella costruzione di una stalla a compost (A, B e C); inoltre, è stata coinvolta una nuova azienda (H), esterna al partenariato, che ha messo a disposizione altre due stalle compost nelle quali svolgere una parte delle attività previste da questa azione. Quindi, le attività sono state svolte in 5 stalle, anziché in 3 come previsto. Ciò ha comportato un considerevole maggior impegno dei tecnici e dei ricercatori coinvolti.</p> <p>Nella fase 1 (Verifiche postrealizzazione per migliorare il funzionamento del sistema) sono stati condotti approfondimenti sui materiali da lettiera, sulle superfici a disposizione degli animali, sulle tecniche di lavorazione della lettiera e sull'impiego dei ventilatori allo scopo di favorire l'evaporazione della frazione liquida delle deiezioni. Di fatto, queste attività sono state svolte con osservazioni, raccolta dati e colloqui con gli allevatori durante i tanti sopralluoghi che i tecnici coinvolti hanno fatto durante tutto il periodo di durata del progetto. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 3.1 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>La fase 2 (Raccolta dati produttivi, riproduttivi, sanitari e comportamentali) ha previsto la raccolta di numerosi dati utili alla caratterizzazione delle aziende, anche allo scopo di evidenziare eventuali problemi nella conduzione delle mandrie e nella gestione delle lettiere. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 3.2 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>Nella fase 3 (Raccolta dati ambientali) sono state condotte attività finalizzate alla verifica dell'eventuale impatto negativo del sistema di stabulazione compost barn rispetto a emissioni in atmosfera (odori e gas) e all'igiene degli ambienti d'allevamento. Inoltre, sono stati rilevati con continuità i parametri microclimatici (temperatura e umidità dell'aria ambiente) e la temperatura della lettiera. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 3.3 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>Nella fase 4 (Raccolta dati gestionali) sono stati ordinati ed elaborati tutti i dati raccolti durante i numerosi sopralluoghi aziendali, relativi alla gestione delle aree di riposo e di stabulazione, con particolare riferimento all'impiego di manodopera, ai fabbisogni di lettimi e all'uso di macchine e impianti. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 3.4 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>Infine, la fase 5 (Input, elaborazione e analisi) prevedeva eventuali test statistici sui dati raccolti e l'esecuzione della verifica dell'impronta del carbonio sulle stalle a compost. Le analisi statistiche condotte sono di tipo semplificato, finalizzate all'estrazioni di valori medi, minimi, massimi e deviazione standard, secondo le metodologie comuni adottate da normali fogli elettronici. I risultati di questa fase sono in realtà riportati negli stessi paragrafi sopra ricordati dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf, per ogni fase specifica.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi dell'Azione sono stati pienamente raggiunti e hanno permesso ai ricercatori coinvolti di avere molto materiale utile da utilizzarsi nell'azione finale del piano.</p> <p>La principale modifica rispetto agli obiettivi previsti è il mancato svolgimento della verifica dell'impronta del carbonio nelle 3 stalle a compost; il motivo è la necessità di compensare le maggiori attività svolte nell'Azione 1 e nell'Azione 3, che sono state ritenute, dal gruppo di lavoro, più interessanti e maggiormente finalizzate al raggiungimento degli obiettivi finali del progetto. Inoltre, per l'impatto ambientale si sono ritenute adeguate le indagini approfondite sulle emissioni di gas e odori.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>

Azione	Azione 4 – Valutazione finale delle compost barn
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA, UNIFI, ARAER
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'Azione 4 prevedeva 3 fasi distinte. In realtà, a livello operativo, le 3 fasi sono strettamente connesse e non possono essere suddivise in modo così netto, e anche la progressione logica delle attività è stata modificata.</p> <p>Si è innanzitutto proceduto ad affrontare la fase 3 (Confronto fra compost barn e stalle a cuccette), perché questa è la base di partenza per arrivare poi a una valutazione complessiva delle stalle a compost. In questa fase, di fatto, si affronta già una parte delle questioni inserite nella fase 1 (Analisi costi/benefici), nel momento in cui si fanno valutazioni tecnico-economiche di confronto fra diverse tipologie di stalle. Per le fasi 3 e 1 sono risultati indispensabili tutti i dati raccolti, definiti o elaborati nelle precedenti azioni. I risultati di queste fasi sono riportati nel paragrafo 4.1 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p> <p>Infine, la fase 2 (Analisi tecnico-economica finale) ha permesso di giungere a una valutazione complessiva delle compost barn, sia dal punto di vista tecnico (pregi e difetti), sia dal punto di vista economico, utilizzando un procedimento di stima basato sui dati derivanti dalle 2 fasi precedenti e su ipotesi di possibili benefici tecnico-economici (zoppie, longevità, fertilità). Gli effetti di tutto ciò sono poi stati verificati con l'analisi del costo di produzione del latte in situazione ex-post. I risultati di questa fase sono riportati nel paragrafo 4.2 dell'Allegato 1 – Report Finale CB.pdf.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi dell'azione sono da considerarsi pienamente raggiunti. Le fasi di questa azione, sebbene svolte con una differente sequenzialità, hanno potuto stabilire dal punto di vista tecnico e dal punto di vista economico gli aspetti positivi e negativi di questa innovativa forma di stabulazione, sicuramente interessante, ma di gestione non semplice e che richiede un'attenzione particolare quando utilizzata per vacche in lattazione che producono latte per Parmigiano Reggiano.</p>
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>
Azione	Piano divulgazione di trasferimento dei risultati e implementazione della rete PEI
Unità aziendale responsabile	FCSR, CRPA

<p>Descrizione delle attività</p>	<p>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</p> <p>1) Realizzazione e aggiornamento costante del sito internet dedicato (http://compostbarn.crpa.it) con materiale divulgativo realizzato, pubblicazioni, presentazioni, gallerie fotografiche e video ed eventi ai quali il Go ha partecipato. Le statistiche al sito web hanno registrato nei tre anni dall'attivazione l'accesso per n. 2127 utenti, per n. 2944 sessioni aperte, con una media di 3,84 pagine per sessione, per il 67% da desktop e il 29,2% da mobile. Visualizzazione delle pagine dai social: Facebook n. 66 pagine per n. 30 sessioni aperte, Twitter n. 14 pagine per n. 7 sessioni, LinkedIn n. 2 pagine per 1 sessione.</p> <p>Fase 1 – Disseminazione tecnica scientifica</p> <p>2) Realizzazione prodotti divulgativi (previsti 1 roll up, 2 articoli e 2 comunicati stampa):</p> <ul style="list-style-type: none"> - E' stato progettato, realizzato e stampato un roll-up monofacciale su PVC, formato 85x200, dedicato al GOI - articolo pubblicato sulla rivista Agricoltura set/ott 2017 "Una nuova stabulazione per le vacche da latte" a cura di Paolo Rossi; - articolo pubblicato sulla rivista Informatore Zootecnico n. 18/2017 "Allevamento da latte: sette progetti innovativi" a cura di Adelfo Magnavacchi; - articolo pubblicato sulla rivista Informatore Zootecnico sul supplemento n.3/2018 "Compost barn, una soluzione alternativa alle cuccette" a cura di Paolo Rossi; - articolo consegnato per la pubblicazione sulla rivista Informatore Zootecnico a novembre 2019 e in uscita il 23 gennaio 2020 "Costi di stalle convenzionali e di compost barn per bovine da latte" a cura di Paolo Rossi, distribuito in occasione di Fieragricola Verona; - Invio del 1° Comunicato stampa (17/10/2018) ai giornalisti, per invito al convegno a Fiere Cremona del 24/10/2018; - Invio del 2° Comunicato stampa (10/01/2020) ai giornalisti per comunicare il termine delle attività del Gruppo operativo. <p>3) Organizzazione di tre seminari e tre visite guidate (come previsto):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seminario tecnico realizzato alle Fiere Zootecniche Internazionali di Cremona il 24 ottobre 2018, "Lettiere alternative nelle stalle per vacche da latte", presentazione di Compost barn e Lettiera Stabilizzata; relatori Paolo Rossi – CRPA Spa e Andrea Summer – UNIPR. Presenti n. 29 stakeholder; - seminario tecnico realizzato presso Azienda Agricola Biogold il 18 dicembre 2018; distribuito il materiale informativo prodotto all'interno di una cartellina personalizzata non prevista, presentazione delle attività del Piano "COMPOST BARN: una soluzione innovativa per la stabulazione delle vacche da latte nell'area del Parmigiano Reggiano" a cura di Paolo Rossi; a seguire visita guidata all'azienda pilota Biogold alla presenza di n. 27 stakeholder tra allevatori, tecnici, portatori d'interesse; - seminario tecnico realizzato a Limosino di Mortizzuolo – Mirandola (MO) il 29 novembre 2019, presentazione del Piano "COMPOST BARN: una proposta alternativa per l'allevamento dei bovini" a cura di Paolo Rossi; a seguire visita guidata ad Azienda pilota Società Agricola Arca a San Felice sul Panaro (MO); presenti all'iniziativa n. 15 stakeholder. - realizzazione della terza visita guidata (virtuale) alle aziende pilota, il 9 gennaio 2020 in occasione del convegno finale al Tecnopolo di Reggio Emilia.
-----------------------------------	--

	<p>4) <i>Organizzazione e realizzazione di un convegno finale il 9 gennaio 2020 al Tecnopolo di Reggio Emilia per presentare i risultati del Gruppo operativo, alla presenza di n. 23 stakeholder; di seguito le presentazioni:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>"Una soluzione stabulativa innovativa, sostenibile e alternativa alle cuccette" presentazione del Piano;</i> - <i>"Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 - Attuazione delle Misura 16 del PSR – Risultati conseguiti e avvisi pubblici in corso di esecuzione" a cura di Patrizia Alberti – RER;</i> - <i>"L'importanza delle strutture d'allevamento per l'azienda zootecnica" Matteo Barbari – Università degli Studi di Firenze DAGRI;</i> - <i>"Compost barn: una soluzione innovativa per le bovine da latte", Lorenzo Leso – Università degli Studi di Firenze DAGRI;</i> - <i>"Valutazione dei dati produttivi e analitici in aziende con compost barn", Giovanni Mariani – ARAER;</i> - <i>"Confronto dei costi di costruzione e di gestione di stalle compost e stalle convenzionali", Paolo Rossi – CRPA Spa;</i> <p><i>Fase 2 – Didattica e divulgazione:</i></p> <p>5) <i>Presentazione multimediale con slideshare in occasione del convegno finale delle aziende pilota.</i></p> <p>6) <i>Newsletter per informare sullo stato di avanzamento e sui risultati di progetto ad allevatori di bovini da latte, organizzazioni di categoria, ricercatori, istituzioni:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>1° Newsletter inviata il 12/09/2019;</i> <i>2° Newsletter inviata il 15/10/2019;</i> <i>3° Newsletter inviata il 19/12/2019 come invito al convegno finale;</i> <i>4° Newsletter inviata il 09/01/2020 come comunicato stampa di termine attività di progetto.</i> <p><i>Fase 3 – Implementazione delle Reti PEI (materiale inserito nell'Allegato 5)</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità</p>	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p><i>Sono state realizzate tutte le attività previste nel programma di lavoro.</i></p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p>

2.2. Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Ente + Nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
CRPA -		Tecnico ambientale	167	4.550,33
CRPA -		Supporto divulgazione	17	472,60
CRPA -		Esperto analisi economica	56	2.550,72
CRPA -		Responsabile amministrativo	12	486,76
CRPA -		Esperto costi d'investimento e gestione	367	14.462,94
CRPA -		Tecnico amministrativo	95	2.515,91
CRPA -		Tecnico raccolta dati benessere	411	9.171,68
CRPA -		Esperto analisi ambientali	96	3.401,22
CRPA -		Gestione tecnico amministrativa GO	100	2.486,00
CRPA -		Gestione attività divulgazione	138	2.878,10
FCSR -		Esperto benessere animale e aspetti gestionali	529	18.549,82
FCSR -		Esperto costi di produzione	472	18.935,00
FCSR -		Tecnico per la raccolta dati economici	544	7.714,56
FCSR -		Tecnico raccolta dati benessere	40	877,60
FCSR -		Tecnico raccolta dati benessere	8	198,00
OZZANELLO -		raccolta dati	227	2.826,15
ARCOBALENO -		Tecnico raccolta dati	248	2.824,72
IRIS -		raccolta dati	252	2.935,80
LA VALLE -		Raccolta dati	124	1.562,40
ARCA -		Tecnico raccolta dati	24	306,00
ARCA -		Tecnico raccolta dati	298	3.865,06
ARAER -		raccolta dati latte	428	9.330,40
UNIFI -		supervisione scientifica	104	6.472,23
UNIFI -		analisi ed elaborazione dati	1837	23.994,13
UNIFI -		analisi ed elaborazione dati	136	3.713,14
TOTALE				147.081,26

2.2. Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	costo
UNIFI -	13/12/2017 - Visita ad allevamento	70,1
UNIFI -	18/12/2018 - Riunione per progetto	24,9
FCSR -	27/02/19 : Azienda ARCA	43,2
FCSR -	20/03/19 : Azienda ARCA	41,33
CRPA -	30.04.18 : rilievi in allevamento Biogold	4,93
CRPA -	29.06.18 : rilievi in allevamento Biogold	9,28
CRPA -	18.07.18 : rilievi in azienda Biogold e ARCA	49,6
CRPA -	29.08.18 : rilievi in azienda Biogold e ARCA	48,96
CRPA -	03.09.18 : rilievi in azienda ARCA	43,84
CRPA -	25.10.18 : rilievi in azienda ARCA	40,9
CRPA -	27.11.18 : rilievi in azienda ARCA	40,03
CRPA -	28.11.18 : rilievi in azienda GOLDONI	5,22
CRPA -	19.12.18 : rilievi in azienda GOLDONI	11,3
CRPA -	20.12.18 : rilievi in azienda ARCA	39,74
CRPA -	23.01.19: Rilievi in azienda ARCA	37,7
CRPA -	25.01.19:Rilievi in allevamento BIOGOLD	4,35
CRPA -	28.02.19:Rilievi in azienda BIOGOLD	4,64
CRPA -	03.05.19:Rilievi in azienda ARCA	40,32
CRPA -	27.05.19:Rilievi in azienda ARCA	39,99
CRPA -	21.06.19:Rilievi in azienda ARCA	38,14
CRPA -	29.08.19:Visita c/o azienda ARCOBALENO	36,65
CRPA -	11.09.19: Rilievi in azienda ARCOBALENO	35,67
CRPA -	30.09.19: Rilievi in azienda ARCOBALENO e azienda CEINAR	42,67
CRPA -	16.10.19: Rilievi in azienda ARCOBALENO e azienda CEINAR	47,62
CRPA -	31.10.19:Rilievi in azienda ARCOBALENO e azienda CEINAR	43,73
CRPA -	14.11.19: Rilievi in azienda ARCOBALENO e azienda CEINAR	43,83
CRPA -	28.11.19 :Organizzazione seminario e visita guidata ARCA	38,28
CRPA -	29.11.19: Rilievi in allevamento Arcobaleno e Ceinar	33,68
CRPA -	13.12.19: Rilievi in allevamento Arcobaleno e Ceinar	42,82
CRPA -	02.01.18 : sopralluoghi aziendali	17,36
CRPA -	15.05.18 : sopralluoghi aziendali	12,4
CRPA -	08.06.18 : sopralluoghi aziendali	13,02
CRPA -	18.06.18 : sopralluoghi aziendali	12,71
CRPA -	19.06.18 : sopralluogo aziendale	41,85
CRPA -	26.07.18 : sopralluogo aziendale e incontro con titolari	9,3

CRPA -	11.09.18 : sopralluogo aziendale e incontro con titolari e DL	15,5
CRPA -	21.09.18 : sopralluoghi aziendali e rilievi	9,3
CRPA -	24.10.18 : Visita Fiera e Relazione seminario Lettiere alternative	14,2
CRPA -	15.11.18 : sopralluoghi aziendali e rilievi	12,09
CRPA -	14.01.19: sopralluogo aziendale e rilievi	9
CRPA -	04.02.19: Sopralluogo in azienda CEINAR	9
CRPA -	27.03.19:Visita aziendale e incontro con titolare (Az. Agr. Ancellotti)	59,98
CRPA -	11.06.19:Sopralluogo aziendale	9,3
CRPA -	11.09.19: Rilievi in azienda Ceinar	9,3
CRPA -	29.11.19: Seminario e visita guidata ARCA	10
TOTALE		1267,73

2.3. Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
	Roll up monofacciale con stampa su PVC	€70,00
	paglia (DTT 122 del 05/05/2019)	€2.510,00
	paglia (DTT 125 del 05/05/2019)	€2.512,50
	paglia (DTT 131 del 15/05/2019)	€1.872,00
	paglia (DTT 137 del 20/05/2019)	€2.280,00
	paglia (DTT 141 del 22/05/2019)	€1.987,08
	Segatura sfusa di legno vergine (DTT449/1 e 450/1)	€1.295,25
	Segatura sfusa di legno vergine (DTT 456/1 e 457/1)	€1.297,50
	Segatura sfusa di legno vergine (DTT 2/1)	€343,50
	Segatura sfusa di legno vergine	€833,25
	Segatura sfusa di legno vergine (DTT 197/1 e 198/1)	€1.350,00
	Segatura sfusa di legno vergine (DTT 285/1)	€742,50
	segatura di abete proveniente da legno vergine non trattato	€2.200,00
	paglia in balloni	€890,30
TOTALE		€20.183,88

2.7. Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
CIR Cooperativa Italiana Ristorazione		€ 210,00	Servizio di coffee break per 30 persone	€ 210,00
Studio Lusetti Mariani	D	€8.196,72	Valutazione dei dati produttivi e analitici in aziende con compost barn	€8.196,72
Totale:				€8.406,72

2.8. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico-scientifiche	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mancato completamento della nuova stalla a compost dell'azienda A, a causa di problemi di autorizzazioni, di pratiche di finanziamento e di fallimento dell'impresa costruttrice; quindi, conseguente sostituzione di questa stalla con la vecchia stalla compost della stessa azienda A e inserimento di due nuove stalle compost dell'azienda H (non compresa fra le aziende partner del GOI). 2) Impossibilità di esecuzione di parte delle verifiche previste nella fase 1 dell'Azione 3, in particolare per quanto riguarda la superficie disponibile. Nella pratica, infatti, tali prove sono difficilmente attuabili in stalle di normale produzione, non sperimentali, e quindi non dotate delle necessarie attrezzature per la modifica delle dimensioni dei box, allo scopo di modificare la superficie a lettiera. Altro aspetto critico, da questo punto di vista, è il fatto che le aziende erano già a regime e quindi risultava impossibile la ricollocazione di animali in altre aree per modificare le superfici disponibili. 3) A livello generale, è stata riscontrata una scarsa partecipazione dei rappresentanti delle aziende agricole partner alle riunioni del Comitato del Piano; il coinvolgimento nelle attività svolte, per contro, è stato sempre buono o ottimo e le singole aziende hanno svolto con impegno le relative azioni e si sono fatte coinvolgere nelle attività progettuali. Quello che è mancato, in una certa misura, è stata l'interazione fra le diverse aziende, in particolare fra quelle non dotate di una stalla a compost. Per queste ragioni è stata fatta la scelta di limitare le riunioni del Comitato del Piano (4 nell'arco di tutto il progetto) e di aumentare gli incontri e i sopralluoghi presso le singole aziende partner, anche oltre le strette necessità dettate dal piano di lavoro.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Per sopraggiunte esigenze di progetto e per poter garantire un costo unitario uguale o inferiore a quanto stimato in fase preventiva, le aziende B e C hanno dovuto sostituire i fornitori indicati inizialmente

Criticità finanziarie	<p>1) Per le suddette ragioni di cui al punto 1) del paragrafo "Criticità tecnico-scientifiche", l'azienda A, pur essendo stata coinvolta, per quanto possibile, nelle attività di progetto, non ha potuto rendicontare e ha quindi comunicato il recesso dal GOI con comunicazione trasmessa via PEC dal capofila in data 3 marzo 2020.</p> <p>2) Per un problema tecnico al portale SIAG non è stato possibile aprire le domande di saldo per le aziende agricole se non pochi giorni prima della chiusura dei termini. Tale situazione è stata comunicata dal capofila direttamente ai referenti di misura e anche via PEC dal capofila in data 28/02/2020.</p> <p>3) La sopravvenuta situazione causata dal diffondersi della sindrome Covid-19, unitamente alla criticità segnalata al punto 2) ha ulteriormente inasprito le difficoltà amministrative per le aziende agricole in fase di rendiconto. Dove è stato possibile si è proceduto quindi a semplificare la rendicontazione caricando esclusivamente i costi del personale al lordo della busta paga, senza quindi includere gli oneri sociali. Per l'azienda D ciò ha comportato una somma rendicontata inferiore al budget previsto. Per l'azienda C non è stato possibile rendicontare il personale nei tempi previsti.</p> <p>4) Per le cause sovraesposte, non è stato possibile inviare il rendiconto nei tempi previsti di 60 giorni dalla conclusione del progetto. Tale situazione si intende sanata in seguito alla delibera GPG/2020/217 del 9 Marzo 2020.</p>
------------------------------	--

3. Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

4. Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

5. Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

La relazione tecnica del GOI è rappresentata dall'Allegato 1 – Report finale CB.pdf.

Questo allegato, a sua volta, fa riferimento in più punti del testo ai seguenti altri allegati, che contengono tutto il materiale documentale prodotto nell'ambito delle attività del GOI:

- Allegato 2 – Archivio Tavole (contiene 21 tavole di progetto)
- Allegato 3 – Archivio CME (contiene 15 computi metrici estimativi e il file riassuntivo TabelleCosti-CB.xlsx)
- Allegato 4 – Archivio MM (contiene 12 report del software Milk Money)
- Allegato 5 – Archivio Altro, che contiene 3 directory:
 - o Dati aziendali (contiene 8 file Excel con tutti i dati produttivi, riproduttivi e comportamentali e parte dei dati ambientali raccolti nelle aziende A, B, C e H);
 - o Interviste (contiene la Scheda intervista veterinari aziendali e 16 interviste a veterinari aziendali);
 - o Reti PEI (contiene due documenti che testimoniano l'implementazione del GOI nella rete Euro-Dairy e nel sistema EIP-AGRI della Commissione Europea);
 - o Verbalì (contiene i verbalì delle 4 riunioni del Comitato di piano).

Di seguito si elencano i prodotti delle azioni tecniche del Piano (1-4), con l'indicazione delle eventuali variazioni e della posizione di reperimento dei singoli documenti.

Azione 1

- Tipologie di compost barn (Allegato 1, paragrafo 1.1)
- 4 progetti di stalle convenzionali (Allegato 1, paragrafo 1.2; Allegato 2)
- 7 progetti di stalle compost (Allegato 1, paragrafo 1.2; Allegato 2)
- 14 computi metrici estimativi di stalle convenzionali e di stalle compost (Allegato 1, paragrafo 1.3; Allegato 3)
- 14 schede economiche riassuntive con costi a parametro (Allegato 1, paragrafo 1.3; Allegato 2)
- Scheda per intervista a veterinari (Allegato 1, paragrafo 1.4; Allegato 5, dir. Interviste veterinari)
- 16 schede interviste compilate (Allegato 1, paragrafo 1.4; Allegato 5, dir. Interviste veterinari)
- Report finale azione (Allegato 1, capitolo 1)

Azione 2

- 7 documenti finali Milk Money stato di fatto, aggregati in unica tabella (Allegato 1, paragrafo 2.1; Allegato 4)
- 7 progetti di compost barn (Allegato 1, paragrafo 2.2; Allegato 2)
- 7 computi metrici estimativi compost barn: solo per le 3 stalle compost reali, per le altre 4 valutazione con metodo sintetico-comparativo (Allegato 1, paragrafo 2.2; Allegato 3)
- 7 documenti Milk Money stato di progetto: questi documenti sono stati erroneamente indicati in questa azione, ma sono quelli indicati nuovamente e giustamente nell'Azione 4
- Report finale azione (Allegato 1, capitolo 2)

Azione 3

- Report sui risultati delle verifiche tecniche (Allegato 1, paragrafo 3.1)
- Report sui dati produttivi, riproduttivi ecc. (Allegato 1, paragrafo 3.2)
- Report sui dati gestionali (Allegato 1, paragrafo 3.4)
- Report sui dati ambientali (Allegato 1, paragrafo 3.3)

Azione 4

- 5 documenti finali Milk Money stato di progetto, aggregati in unica tabella, anziché i 7 previsti, perché le stalle compost di 2 aziende erano già presenti all'avvio del GOI, quindi il documento ex-ante è uguale al documento ex-post (Allegato 1, paragrafo 4.2; Allegato 4)
- Report finale dell'Azione (Allegato 1, capitolo 4)

Data 18/3/2020

IL LEGALERAPPRESENTANTE

.....

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

SERVIZIO SVILUPPO SISTEMA AGROALIMENTARE

Operazione 16.1.01

Focus Area 2A – Ammodernamento e diversificazione

Gruppo Operativo: COMPOST BARN

Compost barn per le vacche da latte

**nell'area del Parmigiano Reggiano: una soluzione stabulativa
innovativa, sostenibile e alternativa alle cuccette**

ALLEGATO 1

ALLEGATO 1 – REPORT FINALE CB.PDF

REPORT FINALE

A cura di:

**Fondazione CRPA Studi Ricerche
CRPA SpA**

Reggio Emilia, febbraio 2020

Indice generale

1. Azione 1 – Studi preliminari.....	4
1.1. Individuazione delle tipologie di compost barn adottabili nell'area del Parmigiano Reggiano (Fase 1).....	4
1.1.1. Aspetti introduttivi.....	4
1.1.2. La stalla a stabulazione libera a cuccette.....	5
1.1.3. La stalla a stabulazione libera “compost barn”.....	6
1.1.4. Punti chiave della stalla CB.....	8
1.1.5. Modelli diversi di CB.....	10
1.1.6. Benessere animale e qualità del latte.....	13
1.1.7. Bilancio idrico della lettiera compost.....	14
1.1.8. Progettazione dei sistemi di stabulazione a compost barn.....	20
1.1.9. Scelta dei materiali e gestione della lettiera.....	24
1.2. Modelli progettuali di compost barn (Fase 2).....	27
1.2.1. Analisi database allevamenti.....	27
1.2.2. Modelli di stalle tradizionali.....	31
Modello ST1.....	34
Modello ST2.....	35
Modello ST3.....	38
Modello ST4.....	40
1.2.3. Modelli di stalle compost barn.....	41
Modello CBR1.....	43
Modello CBR2.....	46
Modello CBR3.....	49
Modello CBR4.....	52
Modello CBN1.....	53
Modello CBN2.....	56
Modello CBN3.....	60
1.2.4. Considerazioni sulla produzione di effluenti e sul dimensionamento degli stoccaggi.....	64
1.3. Costi di costruzione dei modelli progettuali di compost barn (Fase 3).....	66
1.3.1. Stalle convenzionali.....	68
1.3.2. Stalle nuove a compost.....	69
1.3.3. Stalle ristrutturare a compost.....	69
1.3.4. L'incidenza delle diverse opere sul costo di costruzione.....	70
1.4. Fase 4 – Indagine presso veterinari aziendali che operano nell'area del Parmigiano Reggiano.....	70
2. Azione 2 – Analisi tecnico-economica su casi reali.....	74
2.1. Definizione dello stato di fatto di casi reali.....	74
2.1.1. Le stalle delle aziende – Stato di fatto.....	74
2.1.2. Il calcolo del costo di produzione del latte – Stato di fatto.....	79
2.2. Introduzione di compost barn nei casi reali.....	82
2.2.1. Le stalle delle aziende con compost barn – Stato di progetto.....	82
2.2.2. Le stalle delle altre aziende – Stato di progetto.....	84
2.2.3. Il calcolo del costo di produzione del latte – Stato di progetto.....	85
3. Azione 3 – Verifiche di campo in 3 aziende pilota.....	86
3.1. Verifiche post-realizzazione.....	86
3.2. Raccolta dati produttivi, riproduttivi, sanitari e comportamentali.....	97

3.2.1. Dati produttivi e riproduttivi.....	97
3.2.2. Dati sanitari e comportamentali.....	101
3.3. Raccolta dati ambientali.....	111
3.4. Raccolta dati gestionali.....	117
4. Valutazione finale delle compost barn.....	120
4.1. Confronto fra compost barn e stalle a cuccette.....	120
4.1.1. Costo di costruzione.....	121
4.1.2. Manodopera.....	121
4.1.3. Macchine e impianti.....	122
4.1.4. Materiale da lettiera.....	123
4.1.5. Illuminazione.....	123
4.1.6. Commenti.....	123
4.2. Analisi tecnico-economica finale.....	124
4.3. Conclusioni.....	130
TABELLE.....	133
FIGURE.....	148
BIBLIOGRAFIA.....	182

1. Azione 1 – Studi preliminari

1.1. Individuazione delle tipologie di compost barn adottabili nell'area del Parmigiano Reggiano (Fase 1)

1.1.1. Aspetti introduttivi

Le specie zootecniche da reddito delle aree produttive più rilevanti d'Italia sono prevalentemente allevate in strutture specializzate; così, le bovine da latte sono stabulate in stalle di differente tipologia. Queste strutture rappresentano non solo il luogo di vita degli animali, ma anche il luogo di lavoro per gli addetti e uno degli elementi fondamentali per determinare la buona riuscita economica dell'impresa agro-zootecnica.

L'allevamento delle vacche in regime stabulativo continuo (*“continuous housing”*), senza accesso ad aree di pascolo, è diffuso anche in altri paesi europei, come Germania, Slovenia, Repubblica Ceca, Danimarca, Spagna e Grecia (*Webster, 2012*), mentre in alcune nazioni, come Svezia e Finlandia, questo sistema d'allevamento è considerato illegale e i bovini devono poter accedere a pascoli in certi periodi dell'anno, così come avviene in tutta Europa per la produzione di latte vaccino con il sistema biologico.

Benché l'immagine bucolica dei bovini al pascolo sia molto sfruttata dall'industria alimentare per “valorizzare” i propri prodotti, ci possono essere molte ragioni che giustificano l'impiego permanente di stalle per l'allevamento dei bovini: tipologia di terreni non adatta (suoli argillosi o troppo sassosi), scarsa disponibilità di terreni in aree a intensa urbanizzazione (Pianura Padana), stress da caldo per mancanza di ombra in estate, esposizione alle intemperie e al freddo in inverno, insufficiente disponibilità di foraggio verde in alcune stagioni, rischio di parassitosi esterne e interne (*Rossi, 2018*).

La scelta della stalla nella quale le bovine trascorreranno la maggior parte della loro vita è molto importante ed è influenzata da numerosi fattori, sia interni all'azienda, sia esterni: benessere animale, salute, produttività, qualità del latte, efficienza riproduttiva, dimensione della mandria, tipo di allevamento, tipo di alimentazione, gestione degli effluenti, disponibilità di manodopera, clima, terreno, assetto del centro aziendale, vincoli urbanistici, sicurezza sul lavoro, costi di costruzione, visione futura, strategie di mercato ecc..

Dal punto di vista dell'animale, la stalla dovrebbe garantire un ambiente d'allevamento ottimale in tutti i periodi dell'anno, per permettere la manifestazione piena delle potenzialità produttive dei soggetti allevati, cioè la migliore espressione fenotipica dal punto di vista della produzione, dato uno specifico genotipo.

Le caratteristiche edilizie e le attrezzature zootecniche possono avere un profondo impatto sul

benessere, sul comportamento e sulle performance delle bovine da latte (*figura 1.1*). Sistemi di stabulazione diversi determinano, inoltre, diverse produzioni di effluenti zootecnici e hanno, quindi, un effetto importante sulla fertilità del suolo e sulle produzioni agrarie, nonché sull'impatto ambientale dell'allevamento.

1.1.2. La stalla a stabulazione libera a cuccette

Il settore della zootecnia da latte ha conosciuto, nel corso degli anni, profonde e numerose innovazioni. Tra quelle di maggior successo vi è certamente la riorganizzazione e la suddivisione delle aree di riposo delle stalle libere in posti individuali, denominati **cuccette** (*figura 1.2*).

L'aspetto basilare di questo sistema, ovvero la netta separazione dell'area di effettivo riposo da quella di transito per la ricerca del posto, è anche in grado di migliorare l'aspetto igienico, in quanto le deiezioni sono prevalentemente deposte nelle corsie di smistamento e non direttamente sull'area di riposo (*Rossi e Gastaldo, 2005*).

La stalla a cuccette è indubbiamente quella più adottata oggi per l'allevamento delle vacche da latte, e non solo nel nostro Paese; le motivazioni che hanno portato a questa situazione, con abbandono progressivo della soluzione tradizionale a lettiera permanente, sono l'eliminazione delle lesioni da schiacciamento, la maggiore tranquillità per gli animali, la maggiore pulizia della zona di riposo, i minori problemi di inquinamento nel latte (butirrici), i minori rischi di mastiti, il risparmio di manodopera per la cura della zona di riposo e il minor costo per il lettimo.

Ovviamente, la stalla a cuccette può presentare anche dei difetti, in particolare se la progettazione e la realizzazione dell'opera non sono state adeguate. In questi ultimi anni, la crescente attenzione verso la tematica del benessere animale ha messo in risalto alcune limitazioni relative a tale sistema di stabulazione. L'elevata frequenza di patologie podali e le restrizioni comportamentali che coinvolgono sia la fase di riposo, sia quella di deambulazione, sembrano essere i problemi principali (*EFSA, 2009*).

E' indubbio che questa forma di stabulazione comporta, rispetto a una lettiera permanente, maggiori problemi ai piedi delle bovine, in conseguenza del maggior tempo trascorso in stazione eretta su pavimenti duri di calcestruzzo (*figura 1.3*), spesso in condizioni igieniche non ottimali (pavimenti bagnati e carichi di liquame). Nella stalla a cuccette, infatti, la percentuale di pavimenti non ricoperti da lettiera è maggiore rispetto alla stalla a lettiera.

Un esempio può chiarire il concetto. Si ipotizzano due schemi di stalla progettati secondo standard tecnici aggiornati: stalla a lettiera permanente (L), con SUA¹ unitaria di 10 m²/posto, e stalla a cuccette groppa-groppa (C) con uso di paglia, con SUA unitaria di 8,8 m²/posto. Mentre la SUA su pavimento senza lettiera è pari a 2,92 m²/posto per L, essa aumenta a 5 m²/posto per C, a causa della presenza della corsia di smistamento e dei passaggi trasversali di collegamento; di fatto, mentre

¹ SUA = Superficie utile d'allevamento. E' la superficie della stalla effettivamente utilizzabile dagli animali, con esclusione della superficie occupata dalla mangiatoia e dal relativo muretto.

nella stalla L l'intera zona di riposo è ricoperta di lettiera, nella stalla C il 40% della superficie è priva di lettiera. Se si assume il seguente *time budget*² medio delle vacche, uguale nelle due soluzioni:

- tempo per riposo (decubito) = 12 h
- tempo in piedi per alimentazione e abbeverata = 6 h
- tempo in piedi per mungitura (compresa attesa) = 2 h
- tempo in piedi per altre attività in zona di riposo = 4 h

si può concludere che le bovine stabulate nella stalla C rimangono in piedi su pavimento privo di lettiera per circa 4 h/d in più rispetto a quelle stabulate nella stalla L. Bisogna considerare, peraltro, che l'ipotesi di un medesimo *time budget* nelle due soluzioni è una forzatura, in quanto alcune ricerche hanno evidenziato come le vacche alloggiate in stalle a lettiera riposino di più rispetto a quelle stabulate in stalle a cuccette, posto che entrambe le soluzioni siano adeguatamente progettate e gestite.

La stabulazione in cuccette, inoltre, comporta un certo disturbo arrecato agli animali dalla presenza di gradini e attrezzature di contenimento (battifianchi e tubi di posizionamento), oltre a creare maggiori difficoltà di adattamento per le manze gravide provenienti dalle stalle a lettiera.

1.1.3. La stalla a stabulazione libera “compost barn”

Le problematiche illustrate hanno stimolato l'interesse di allevatori e ricercatori nei confronti di soluzioni alternative.

In tempi recenti è stata proposta una tecnica di stabulazione innovativa per le vacche da latte, che prevede un'ampia area di riposo a lettiera regolarmente lavorata (*figura 1.4*). Il sistema, denominato “*compost bedded pack barn*” o “*compost barn*”, ma anche “*cultivated pack barn*” (di seguito sarà indicato con l'acronimo CB), prevede la lavorazione della lettiera allo scopo di favorire il rimescolamento e il compostaggio delle deiezioni con il materiale organico utilizzato come lettiera. Questo sistema innovativo è stato proposto all'inizio del nuovo millennio negli USA e poi in Israele, in una versione con differenze sostanziali, diffondendosi successivamente anche in Europa (Olanda, Austria, Francia, Spagna, Germania).

La lettiera compost si è diffusa anche in Italia, dapprima con la conversione di strutture adibite a lettiera permanente su paglia e, solo negli ultimi anni, con la realizzazione di nuove strutture progettate specificamente per questo sistema di stabulazione (*Leso et al., 2013*).

Di fatto, in tale sistema l'intera superficie della zona di riposo, priva di cuccette e suddivisioni interne, è destinata ad una particolare tipologia di lettiera che è costituita da deiezioni animali e da una quota di materiale organico variabile in composizione e quantità, a seconda delle caratteristiche

² *Time budget*: bilancio del tempo disponibile, ovvero distribuzione temporale delle diverse attività che la bovina deve o può fare nell'arco delle 24 h della giornata.

climatiche del luogo e delle modalità di gestione.

Si possono identificare due tipologie distinte di CB (*Leso et al., 2013*): la prima (CB1) che punta a favorire il compostaggio, cioè la fermentazione aerobica, per avere sviluppo di calore nella massa e agevolare, così, l'evaporazione della frazione liquida; la seconda (CB2) che affida l'asciugatura della lettiera soprattutto all'azione dell'aria e del vento.

Comunque, l'obiettivo principale di questa soluzione stabulativa è il miglioramento del benessere animale; è infatti innegabile che le vacche possono avere notevoli benefici dalla disponibilità di un'area di riposo a lettiera di grande superficie, nella quale camminare comodamente, esprimere in modo naturale i comportamenti tipici dell'estro, avere normali interazioni sociali, sdraiarsi e alzarsi senza costrizioni e riposare nelle posture desiderate.

Diretta conseguenza di ciò è la riduzione delle problematiche podali (come detto in precedenza), evidenziata da alcuni allevatori che sono passati da stalle a cuccette a stalle CB, così come il miglioramento delle performance riproduttive, per aumento del tasso di rilevamento dei calori e del tasso di gravidanza (*Barberg et al., 2007*).

In alcuni studi sono stati evidenziati anche aumenti della produzione di latte, da attribuirsi probabilmente a un miglioramento dello stato generale di benessere ambientale rispetto alle situazioni di partenza (che però potevano essere particolarmente stressanti per errata progettazione e/o cattiva gestione). Ancora, fra i possibili vantaggi vengono citati la riduzione del tasso annuo di rimonta e, quindi, l'aumento della longevità delle vacche, la riduzione della presenza di mosche nella stalla e l'ottima qualità fertilizzante del compost.

Se il sistema funziona in modo adeguato (compostaggio attivo), vantaggi ulteriori sono la riduzione del consumo di materiale da lettiera, e quindi del costo annuo imputabile a questa voce di spesa, e la limitazione delle emissioni ammoniacali e degli odori molesti.

Infine, il fatto che una quota delle deiezioni degli animali venga stoccata nella stalla insieme al materiale da lettiera comporta una riduzione dei fabbisogni di opere esterne per lo stoccaggio degli effluenti zootecnici. Nel caso di stalle con zona di alimentazione nettamente distinta dalla zona di riposo (e assenza di aree esterne), una parte delle deiezioni viene deposta in zona di alimentazione, venendo allontanata come liquame, mentre la rimanente parte viene deposta in zona di riposo, andando a costituire, unitamente al lettime, il letame.

La normativa vigente in Emilia-Romagna (*Regolamento regionale 15 dicembre 2017, n. 3*), ai fini della valutazione della capacità di stoccaggio della zona di riposo, fissa un'altezza massima della lettiera di 0,6 m per gli allevamenti di bovini. Siccome deve essere garantita una capacità di stoccaggio del letame pari al volume prodotto in 90 d, è possibile valutare il massimo stoccaggio possibile in area di riposo; il riferimento è la tipologia di stabulazione a lettiera permanente (benché per la CB, come si dirà in seguito, sia possibile fare valutazioni differenti e particolari). Una vacca,

in base a quanto riportato nella tabella 1 dell'allegato I del regolamento prima citato, produce 6,66 m³ di letame in 90 d; quindi, perché questo quantitativo possa essere stoccato all'interno della stalla e non sia necessaria una specifica concimaia a platea esterna, la superficie dell'area di riposo deve essere almeno pari a 11,1 m²/vacca (6,66 / 0,6).

1.1.4. Punti chiave della stalla CB

Un'indagine del 2011 condotta nel Kentucky su 43 allevamenti dotati di CB1 ha evidenziato i seguenti vantaggi di questa tecnica, nei confronti delle stalle a cuccette, indicati dagli allevatori in ordine decrescente d'importanza (fra parentesi il numero di segnalazioni):

- 1) miglioramento del benessere animale (28);
- 2) miglioramento della pulizia delle vacche (14);
- 3) adatta per manze, vacche anziane e con problemi podali, vacche fresche (10);
- 4) riposo in posizioni naturali e senza costrizioni (9);
- 5) miglioramento della salute di arti e piedi (8);
- 6) riduzione delle cellule somatiche nel latte (6);
- 7) aumento del tasso di rilevamento dei calori (6).

Secondo gli stessi ricercatori americani (*Bewley e Taraba, 2009*) i punti chiave per un buon funzionamento del sistema (efficienza di compostaggio) sono i seguenti:

- progettazione della stalla;
- densità d'allevamento (superficie di lettiera per capo);
- ventilazione dell'ambiente;
- lavorazione della lettiera.

Il sistema CB1 dovrebbe garantire una superficie di riposo asciutta, pulita e confortevole, grazie al calore di fermentazione che favorisce l'evaporazione di acqua dalla lettiera. In soluzioni alternative (CB2), come detto, si sfrutta maggiormente la capacità dell'aria di sottrarre acqua alla massa, ma ovviamente il presupposto fondamentale è la bassa umidità dell'aria di ventilazione, quindi il sistema è più adatto ai climi secchi e ventosi.

Risulta evidente l'importanza di avere stalle aperte (ma chiudibili con tamponamenti mobili), dove la ventilazione naturale non è ostacolata, e può risultare utile l'impiego della ventilazione forzata, che nelle stalle viene spesso adottata per limitare lo stress termico a carico delle bovine nella stagione calda (*figura 1.5*). Nella stagione fredda, per contro, può risultare utile chiudere parzialmente la stalla, soprattutto nei climi umidi, allo scopo di tesaurizzare il calore degli strati profondi della lettiera e favorire l'evaporazione dalla lettiera (*figura 1.6*).

La densità d'allevamento può variare in base al tipo di bovino ospitato (vacche in lattazione, vacche asciutte, bovine da rimonta), al clima della zona, alla presenza o meno di ventilazione forzata in zona di riposo, alla disponibilità di aree esterne per gli animali (paddock) e alla presenza di una corsia di alimentazione pavimentata nettamente distinta dalla zona di riposo.

Dall'esame della bibliografia disponibile, che si riferisce soprattutto alle stalle CB presenti in Europa e negli Stati Uniti, si può notare una grande variabilità dei valori unitari di superficie in zona di riposo. A fronte di soluzioni con superfici ridotte (7-8 m²/vacca), molto simili alle tradizionali lettiera permanenti, si hanno stalle con superfici variabili dai 10 ai 15 m²/vacca, fino a soluzioni totalmente a lettiera con superfici molto ampie (20-30 m²/vacca).

Per garantire un'adeguata ossigenazione della massa è necessaria una regolare lavorazione dello strato più superficiale della lettiera (15-30 cm, a seconda della profondità totale), che in genere viene attuata con erpice a denti portato da trattore (*figura 1.7*); le lavorazioni, che devono essere effettuate una o due volte al giorno, favoriscono l'instaurazione di processi di degradazione aerobici e incrementano l'evaporazione dell'acqua dalla lettiera, garantendo alle bovine una superficie asciutta e confortevole (*Klaas e Bjerg, 2011*).

Per un livellamento della superficie dopo la lavorazione è consigliabile abbinare, posteriormente alla macchina operatrice, un rullo a gabbia o una tavola di legno. Per limitare il compattamento della lettiera è preferibile eseguire la lavorazione con un trattore leggero dotato di gomme non troppo strette.

Altro aspetto rilevante è il tipo di materiale da lettiera; vengono preferiti segatura e trucioli fini, in particolare quelli derivanti da legni teneri sia di conifere che di caducifoglie. In talune realtà, a causa dei prezzi elevati di questi sottoprodotti del legno, si tendono a preferire altri substrati, come ad esempio la paglia trinciata.

In Olanda, a partire dal 2009, alcuni allevatori hanno utilizzato come materiale da lettiera un compost organico derivante da prodotti di scarto (*organic waste compost*), che inizialmente ha dato buoni risultati, ma che poi si è dimostrato problematico, per l'aumento della concentrazione di batteri sporigeni termofili aerobi (TAS). Ciò ha indotto la più grande cooperativa lattiero-casearia del paese (Friesland Campina) a vietarne l'uso nelle stalle CB dei soci conferenti, per l'elevato rischio di inquinamento del latte (*Galama, 2014*).

La prima costituzione della lettiera prevede l'inserimento di uno strato di 30-50 cm di spessore, che a seguito del calpestamento e delle lavorazioni si assesterà su valori inferiori (20-35 cm). In base al livello di umidità dello strato più superficiale, quindi anche in base alla stagione, sarà poi necessario aggiungere nuovo materiale da lettiera. Ovviamente, la quantità di materiale aggiunto e la frequenza di intervento sono molto variabili, perché dipendono dal clima, dalla densità d'allevamento, dal tipo di lettiera, dalla portata di ventilazione naturale del ricovero, dalla presenza di ventilazione forzata, dalla frequenza di lavorazione della massa, dalla presenza di aree esterne di esercizio ecc..

L'accumulo di lettiera nella zona di riposo può continuare fino a quando l'altezza della massa non pone problemi alla movimentazione degli animali (passaggio dalla zona di riposo alle zone limitrofe) o dei mezzi meccanici adibiti alla lavorazione. Da questo punto di vista ha influenza il fatto che il pavimento della zona di riposo sia a una quota inferiore rispetto alla corsia di

alimentazione e/o che siano presenti muretti di contenimento laterali. Lo svuotamento può anche essere imposto anticipatamente da situazioni anomale o da evidente deterioramento della lettiera, al punto che questa non garantisce più un adeguato livello di igiene e di benessere agli animali.

Alcuni allevatori non svuotano completamente l'area di riposo, ma lasciano in sito lo strato inferiore della lettiera (10-15 cm), allo scopo di fornire un “inoculo” batterico alla nuova lettiera che si andrà a costituire.

Il buon funzionamento del compostaggio nelle stalle CB1 dipende da molti fattori e soprattutto da un adeguato bilanciamento fra ossigeno, umidità, temperatura, quantità di sostanza organica e attività dei microrganismi (*Bewley, 2009*). L'esperienza di allevatori e centri di ricerca dimostra che la CB richiede un management attento e regolare per dare buoni risultati; errori nella gestione dei tanti fattori condizionanti (carico animale, tipo di lettime, profondità della lettiera, modalità di lavorazione e di aggiunta di materiale fresco, intervallo fra svuotamenti ecc.) possono portare a situazioni critiche, con grave deterioramento del benessere animale, della sanità della mandria e della qualità del latte.

Risulta molto importante la regolare osservazione della lettiera e dello stato di pulizia degli animali, perché può fornire utili indicazioni sulla situazione in atto. Lettiere troppo umide sono facilmente identificabili dallo scarso stato di pulizia delle bovine, con parti di lettiera che rimangono attaccate al mantello degli animali, soprattutto nelle zone esterne degli arti posteriori e del ventre; inoltre, prendendo in mano un po' di lettiera e stringendola è possibile fare uscire del liquido. Al contrario, lettiere troppo secche sono caratterizzate da elevata polverosità durante le operazioni di erpicatura o anche semplicemente durante gli spostamenti delle bovine.

Per avere una zona di riposo sufficientemente pulita non è secondario pulire frequentemente la zona di alimentazione; infatti, a corsie cariche di deiezioni corrispondono piedi delle vacche molto sporchi, con il conseguente trasferimento di questa sporcizia sulla superficie della lettiera.

1.1.5. Modelli diversi di CB

Inizialmente, nella letteratura scientifica, il termine compost barn si riferiva al solo sistema messo a punto negli Stati Uniti, ma in seguito, in diversi paesi, sono state sviluppate e applicate numerose varianti che si differenziano per la superficie messa a disposizione di ogni animale, la profondità della lettiera, i sistemi di aerazione e i materiali utilizzati.

Tutti questi sistemi hanno in comune la lavorazione frequente della lettiera ed è per questo motivo che alcuni autori ritengono più corretto l'uso del termine generale *cultivated pack barn*. Sebbene la differenze possano essere sostanziali, risulta possibile individuare due famiglie principali di stalle a lettiera coltivata che si basano sui concetti originali sviluppati negli Stati Uniti e in Israele. La soluzione statunitense (CB1) prevede superfici per capo relativamente ridotte abbinata a profondità del substrato elevate ed è caratterizzata dall'uso di notevoli quantità di materiali da lettiera. Per

favorire l'evaporazione e mantenere quindi la lettiera asciutta si sfrutta principalmente il calore prodotto dai processi di degradazione della sostanza organica. Valori tipici di superficie relativa alla sola area di riposo si possono individuare in circa 9-12 m²/capo, mentre la profondità delle lettiere può arrivare fino a 1,2 m. I materiali più utilizzati sono la segatura e i trucioli di legno (*Janni et al., 2007; Bewley et al., 2013*).

Nella tipologia sviluppata in Israele (CB2), invece, lo spazio per capo in area di riposo è molto ampio, generalmente compreso tra 15-20 m²/capo per le stalle dotate di sistemi di asportazione dei reflui in corsia di alimentazione, e 25-30 m²/capo nel caso di lettiere integrali (*Klaas et al., 2010*). Le superfici elevate, ma anche le caratteristiche del clima israeliano, caratterizzato da temperature elevate, ridotti tassi di umidità e consistente ventosità, permettono di mantenere la lettiera in adeguate condizioni igieniche con un uso molto limitato di materiali da lettiera. Attualmente la stabulazione su lettiera compost è indicata come la soluzione più diffusa ed apprezzata negli allevamenti di vacche da latte israeliani, mentre la cuccetta è applicata solo sporadicamente.

Altre soluzioni di notevole interesse sono state sviluppate in Olanda, dove l'Università di Wageningen sta portando avanti un'intensa attività di ricerca che ha consentito di individuare alcuni interessanti sistemi di stabulazione libera alternativi alla cuccetta (*Galama, 2011*). Tra queste vi sono due tipologie di lettiera coltivata applicabili nella zona climatica del Nord Europa. La prima, simile alla soluzione israeliana per le superfici messe a disposizione di ogni animale (15-20 m²/capo in zona di riposo), prevede l'utilizzo come materiale da lettiera di compost ottenuto dal compostaggio della frazione organica dei rifiuti urbani e/o di scarti vegetali. Questo tipo di lettiera ha una profondità minima di 0,5 m e per analogia con il tipo di materiale utilizzato è comunemente nota in Olanda come lettiera compost.

La seconda, conosciuta come lettiera *composting*, ha una profondità più elevata (0,8-1 m) e prevede l'utilizzo di cippato di legno che, come suggerisce il nome, subisce un processo di compostaggio, più o meno completo, all'interno della stalla. Particolarità delle stalle *composting* olandesi è il sistema di aerazione forzata integrato nella pavimentazione al di sotto della lettiera, che garantisce un costante apporto di ossigeno al substrato, con conseguente instaurazione di processi di degradazione aerobici fortemente esotermici. Le elevate temperature che raggiungono gli strati profondi di questo tipo di lettiera (fino a 55°C) incrementano sensibilmente l'evaporazione dell'acqua e contribuirebbero a limitare la proliferazione di microrganismi patogeni. Secondo alcuni studi basati su modelli matematici, questa soluzione consentirebbe di mantenere gli animali in adeguate condizioni igieniche con superfici di lettiera molto ridotte, pari a circa 8-10 m²/capo (*Galama et al., 2011*). In realtà, le esperienze pratiche con stalle *composting* indicano superfici ottimali di almeno 14-15 m²/capo, soprattutto durante il periodo invernale, durante il quale, nonostante la ventilazione forzata della lettiera, risulta difficile mantenere le elevate temperature necessarie a garantire un'adeguata evaporazione.

Altre soluzioni sono state sviluppate in Austria e Brasile, entrambe molto simili al concetto

americano di CB. Tali sistemi sfruttano il calore prodotto dai processi di degradazione aerobica per favorire l'evaporazione e mantenere asciutta la lettiera. Sono quindi necessarie superfici relativamente ridotte (10-12 m²/capo in zona di riposo). In Austria, vista la grande disponibilità di legname ed aziende di trasformazione, i materiali utilizzati sono principalmente segatura e trucioli (*Ofner-Schröck et al., 2013*). In Brasile invece, oltre alle matrici legnose, si sfruttano anche i residui della lavorazione del caffè e del cocco (*Fávero et al., 2015*).

Oltre alle lavorazioni frequenti, tutte le soluzioni descritte si accomunano per i tempi relativamente lunghi che intercorrono tra i rinnovi della lettiera. Nella maggior parte dei casi, la lettiera viene rinnovata una sola volta all'anno, tipicamente all'inizio dell'inverno. In annate particolarmente umide può rendersi necessario un ulteriore rinnovo primaverile. Durante il rinnovo, alcuni allevatori rimuovono interamente il materiale esausto, mentre altri preferiscono mantenere una parte della lettiera esausta all'interno della stalla, allo scopo di fornire un inoculo per il materiale fresco aggiunto (*Taraba, 2017*).

A partire dall'anno 2006, il sistema di stabulazione su lettiera compost per bovine da latte si è diffuso anche in Italia. Sviluppata inizialmente allo scopo di risolvere il problema degli elevati conteggi di cellule somatiche diffuso negli allevamenti con lettiera permanente a paglia, la CB è risultata da subito apprezzata per l'evidente effetto di contenimento delle mastiti di origine ambientale (*Vighi et al., 2009*). In effetti, le prime stalle CB diffuse in Italia presentano notevoli differenze rispetto ai sistemi diffusi negli altri paesi e possono essere considerate come un'evoluzione del sistema tradizionale di stabulazione su lettiera permanente, da cui hanno ereditato le caratteristiche dimensionali e alcune modalità di gestione.

Una delle prime indagini riguardanti le CB italiane ha evidenziato spazi per capo molto ridotti, pari in media a 6,7 m²/capo in area di riposo (*Leso et al., 2013*). La profondità media delle lettiere, lavorate 1-2 volte/d, è risultata pari a 25 cm. Le temperature della lettiera, inoltre, si sono rivelate molto simile a quelle ambientali sia durante il periodo estivo (24-33°C) che invernale (6-22°C).

Sebbene gli allevatori si siano dimostrati generalmente soddisfatti riguardo agli effetti sul benessere degli animali, l'elevato consumo di materiali da lettiera (in media 4,4 kg/capo d) è stato indicato come il principale svantaggio di questo sistema di stabulazione. Con densità animali così elevate anche la gestione della lettiera non è risultata priva di criticità. Negli allevamenti oggetto di studio, la lettiera deve essere completamente rinnovata mediamente ogni 30 giorni, determinando un fabbisogno di manodopera relativamente elevato.

Solo negli ultimi 2-3 anni, anche in Italia sono state realizzate strutture progettate specificamente per il sistema a lettiera coltivata. La principale differenza riguarda lo spazio per capo che, nelle stalle più recenti, è di 12-15 m²/capo (considerando la sola area di riposo). I materiali da lettiera più usati rimangono la segatura e i trucioli di legno, anche se l'utilizzo del compost verde da raccolta differenziata desta interesse, soprattutto per il costo ridotto (in alcuni casi il compost è prelevato gratuitamente presso l'impianto di compostaggio e, a carico dell'allevatore, rimane il solo costo di

trasporto). Grazie alla ridotta densità animale, i consumi di materiali da lettiera sembrano essere molto limitati, così come i fabbisogni di manodopera per la gestione.

1.1.6. Benessere animale e qualità del latte

Il miglioramento delle condizioni di benessere animale è uno dei fattori chiave che ha determinato lo sviluppo e la diffusione del sistema CB. Rispetto alle cuccette, la limitazione di superfici dure e scivolose all'interno dei locali di stabulazione può determinare una riduzione delle lesioni agli arti e delle patologie podali (*Klaas e Bjerg, 2011*). L'assenza di manufatti metallici nelle aree destinate al riposo, la semplificazione del *layout* di stalla e, soprattutto, l'aumento dello spazio a disposizione degli animali consentono di ridurre le restrizioni comportamentali tipiche della stabulazione su cuccetta, con effetti positivi nei riguardi del comportamento delle bovine e delle interazioni sociali all'interno della mandria (*Enders e Barberg, 2007; Ouweltjes e Smolders, 2014*).

L'elevato *grip* offerto dalla lettiera consente alle bovine di muoversi in sicurezza e manifestare le variazioni comportamentali tipiche del ciclo estrale, rendendo più facile l'individuazione dei calori. Molti allevatori, inoltre, hanno notato una forte riduzione delle mosche all'interno dei locali di stabulazione con lettiera coltivata, benché questo fatto sia molto legato al livello igienico generale della stalla e alla frequenza di pulizia della pavimentazione delle corsie.

La ricerca riguardante i sistemi a lettiera coltivata ha fatto emergere buone performance in termini di quantità e qualità del latte prodotto, con risultati comparabili a quelli ottenuti con la stabulazione su cuccetta (*Lobeck et al., 2011*). Oltre che per le vacche in produzione, la lettiera lavorata può trovare applicazione nei reparti di asciutta e transizione dove, rispetto alla stabulazione su lettiera permanente a paglia, può determinare un miglioramento della salute della mammella e un incremento della produzione di latte (fino a 2 kg/capo d) nei primi 100 giorni di lattazione (*Astiz et al., 2013*).

In alcuni studi, tuttavia, si sono rilevati livelli di pulizia delle bovine inferiori a quelli ottenuti su cuccetta (*Lobeck et al., 2011*). Numerose analisi effettuate su campioni di lettiera compost hanno inoltre rilevato un'elevata carica microbica totale, spesso superiore a 10^6 cfu/g, che è considerato un limite oltre il quale il rischio di infezioni intramammarie aumenta significativamente. Per questo motivo, molti autori sottolineano la necessità di applicare una corretta routine di mungitura e di prestare attenzione particolare alla gestione della lettiera (*Janni et al., 2007; Lobeck et al., 2011*).

Le dinamiche di crescita dei microorganismi nelle stalle CB, in particolare dei patogeni, sono ancora oggetto di studio, ma sembra ormai accertato che l'umidità della lettiera è il principale fattore correlato a igiene degli animali e salute della mammella (*Eckelkamp et al., 2016*). Indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato, a un contenuto di umidità superiore al 60-65% la lettiera aderisce al mantello e alla mammella delle bovine, riducendo drasticamente il livello di pulizia e, di conseguenza, incrementando il rischio di mastite.

Altri fattori di rischio per la salute della mammella e per la qualità del latte sono legati alla tipologia di materiali utilizzati. La segatura, specie se non correttamente stoccata o molto umida, può contenere quantità rilevanti di *Klebsiella pneumoniae*, un batterio coliforme causa di mastiti di tipo ambientale. Ricercatori olandesi hanno invece misurato concentrazioni molto elevate di batteri termofili nel compost proveniente da impianti di compostaggio del verde. Questi organismi non sono patogeni per i bovini né per l'uomo ma, data la loro resistenza a temperature molto elevate (fino ad oltre i 100°C), possono sopravvivere ai comuni trattamenti di pastorizzazione o sterilizzazione del latte, causando quindi problemi di stabilità biologica in prodotti che necessitano di una vita commerciale (shelf-life) estesa (*Driehuis et al., 2012 e 2014*). Tale aspetto è risultato particolarmente problematico nell'ambito della produzione di latte concentrato destinato all'esportazione, tanto da spingere Friesland-Campina, come già detto, a vietare l'uso di questo materiale nelle stalle dei propri conferenti.

Una sperimentazione condotta dall'Università di Torino ha messo a confronto le performance, il benessere e la qualità del latte di vacche stabulate su cuccetta (con paglia) e su lettiera compost. In questo caso la lettiera è stata realizzata con compost ottenuto dal compostaggio della FORSU (frazione organica del rifiuto solido urbano) e le vacche avevano a disposizione almeno 25 m²/capo. Oltre a una riduzione delle patologie podali e delle interazioni aggressive, i risultati indicano, rispetto alle cuccette, un migliore livello di pulizia degli animali, una riduzione delle cellule somatiche e della carica batterica nel latte, ma anche un incremento significativo della performance riproduttiva, della produzione di latte e del contenuto di grasso.

Prove di caseificazione effettuate su vari tipi di formaggio nell'ambito dello stesso studio hanno rilevato un tempo di coagulazione inferiore per il latte prodotto nelle CB, mentre non sono state riscontrate differenze significative sui prodotti finali (*Bellino, 2015*).

Un altro studio italiano che ha incluso 30 allevamenti della Pianura Padana ha dimostrato che le bovine stabulate su lettiera compost hanno parametri di longevità significativamente superiori a quelle stabulate su cuccetta (*Leso et al., 2015*).

In termini generali, le informazioni riportate nella letteratura nazionale ed internazionale indicano chiaramente che la stabulazione su lettiera compost può rappresentare una valida alternativa al sistema su cuccette, soprattutto per i benefici nei confronti del benessere e del comportamento degli animali. Gli effetti nei confronti di igiene e salute della mammella possono però essere molto variabili e dipendono dalla corretta gestione delle aree a lettiera. Lo spazio per capo in zona di riposo è senz'altro il fattore chiave per massimizzare i vantaggi offerti da questo sistema.

1.1.7. Bilancio idrico della lettiera compost

Nelle CB l'igiene degli animali dipende fortemente dal contenuto di umidità della lettiera, il cui livello ottimale è compreso tra il 40 e il 60% (*Janni et al., 2007*). Sebbene tra i sistemi applicati nei diversi paesi vi siano differenze apprezzabili, l'obiettivo principale della gestione delle aree di

stabulazione su lettiera compost è proprio quello di favorire l'evaporazione dell'acqua. Garantire la neutralità del bilancio tra acqua apportata dalle deiezioni animali ed acqua evaporata dal substrato è un aspetto chiave per la gestione ottimale di questo tipo di stabulazione. Il mancato rispetto di tale condizione, infatti, è destinato a determinare una scarsa e incostante igiene degli animali, ma anche un notevole incremento del fabbisogno di materiale da lettiera, con conseguente aumento dei costi di gestione.

Fatte queste premesse, è conveniente analizzare i principali input e output che compongono il bilancio idrico della lettiera, al fine di comprendere le tecniche gestionali e alcuni requisiti strutturali.

L'input principale è certamente rappresentato dalle deiezioni prodotte dagli animali, che contengono importanti quantità di acqua. Il principale output è invece l'evaporazione di acqua dalla lettiera. Il volume di deiezioni prodotto, così come la loro composizione, dipende da una serie di fattori: fase produttiva, peso vivo, quantità e qualità del latte prodotto, ma anche ingestione di alimenti e acqua.

Una vacca in lattazione del peso vivo di 600 kg, che ingerisce 20 kg/d di sostanza secca e che produce 30 kg/d di latte ha una produzione media di deiezioni (feci + urine) di 62,5 kg/d, con un contenuto di solidi totali pari al 12,7% (*ASABE, 2005*); le feci ammontano a 40,4 kg/d, mentre i rimanenti 22,1 kg/d sono rappresentati da urine.

Assumendo un *time budget* medio della stessa vacca uguale a quello già esposto al paragrafo 1.1.2, cioè 12 h di riposo (decubito), 4 h di attività in piedi in zona di riposo, 6 h di alimentazione e abbeverata in zona di alimentazione e 2 h in piedi in zona di mungitura, è possibile stimare il quantitativo di deiezioni deposte nelle diverse aree in base al tempo trascorso nelle stesse aree, considerando ovviamente il solo periodo trascorso in piedi e assumendo che la quantità sia proporzionale al tempo. Le relative percentuali sono di seguito indicate:

- in piedi in zona di riposo = 33%
- in piedi in zona di alimentazione = 50%
- in piedi in zona di mungitura = 17%

La produzione totale giornaliera di deiezioni è quindi così ripartita:

- in zona di riposo = 20,6 kg/d
- in zona di alimentazione = 31,3 kg/d
- in zona di mungitura = 10,6 kg/d

Considerando che in molte stalle la zona di attesa è totalmente o parzialmente ricavata nella corsia di alimentazione e che comunque, in molti casi, gli effluenti della zona di mungitura defluiscono nella stessa zona di alimentazione, possiamo ripartire il quantitativo di deiezioni nel seguente modo:

- in zona di riposo = 20,6 kg/d (33%)
- in zona di alimentazione = 41,9 kg/d (67%)

L'evaporazione di acqua dalla lettiera è influenzata da numerosi fattori; per questo la sua quantificazione risulta particolarmente complessa. Sebbene ad oggi non esista un metodo assodato per calcolare il tasso di evaporazione nella lettiera coltivata, alcuni studi basati su modelli matematici hanno stimato valori che variano da 0,5 a 3,5 kg/m² d (*Smits e Aarnink, 2009; Black et al., 2013*). Tra i parametri in grado di modificare il tasso di evaporazione vi sono le caratteristiche dell'ambiente e della lettiera.

Utilizzando uno specifico programma di calcolo messo a punto da CRPA è possibile fare simulazioni relative alle produzioni e alle perdite di acqua delle deiezioni, con riferimento a diverse tipologie di stabulazione.

Nel caso della CB, è necessario riferirsi a due modelli codificati nel programma di calcolo: la stalla con lettiera solo in zona di riposo, con zona di alimentazione separata (stalla C), e la stalla a lettiera integrale, cioè con la superficie di stabulazione totalmente ricoperta di lettiera (stalla D).

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 3 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni in zona di alimentazione per la stalla C, mentre per la stalla D sarà sommato al totale deiezioni. I dati esposti di seguito fanno sempre riferimento alla singola vacca ipotizzata.

Stalla C

Si fissa un consumo medio di segatura di 3 kg/d, comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento. Il programma restituisce inizialmente le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione; il totale effluenti di 23,6 kg/d è costituito da 18,4 kg di acqua e da 5,2 kg di s.s., per un'umidità media del 77,9%.

Volendo abbassare tale umidità al 50% circa, ovvero a un valore medio nell'intervallo ritenuto ottimale per la lettiera lavorata, si dovrebbero fare evaporare quasi 13 kg/d di acqua, ottenendo una massa al 53% di umidità. Ciò significa evaporare il 70% dell'acqua delle deiezioni, con una perdita relativa di massa del 53,2%. Se si ipotizza di assegnare alla singola vacca 13 m² di lettiera, l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 1 kg/m².

Riducendo la percentuale stimata di evaporazione si ottengono situazioni via via peggiorative, con l'umidità dell'effluente che sale sempre di più, come illustrato nella [tabella 1.1](#). Si può ritenere che con un'evaporazione del 58% si ottiene una situazione ancora accettabile, con l'umidità media dell'effluente che si colloca sul 60% circa.

Stalla D

In questo caso l'intera area a disposizione degli animali è ricoperta di lettiera; ciò significa che l'intera produzione giornaliera di deiezioni si aggiunge al materiale da lettiera per costituire l'effluente. Si fissa un consumo medio di segatura di 4 kg/d, maggiore rispetto alla stalla C, comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento.

Le caratteristiche iniziali del letame, senza l'effetto dell'evaporazione, sono le seguenti: totale effluente di 69,5 kg/d, costituito da 57,6 kg di acqua e da 11,9 kg di s.s., per un'umidità media del 82,9%.

Per abbassare tale umidità al 50% circa si dovrebbero fare evaporare quasi 46 kg/d di acqua. Ciò significa evaporare l' 80% dell'acqua delle deiezioni, con una perdita relativa di massa del 65,6%. Se si ipotizza di assegnare alla singola vacca 30 m² di lettiera, l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 1,52 kg/m².

Ovviamente, riducendo la percentuale stimata di evaporazione si ottengono situazioni progressivamente peggiori, con aumento dell'umidità dell'effluente, come illustrato nella [tabella 1.2](#). Si può ritenere che con un'evaporazione del 70% si ottiene una situazione ancora accettabile, con l'umidità media dell'effluente che si colloca sul 60% circa.

Nel caso in cui le condizioni impostate non consentano l'evaporazione teorica richiesta, una certa quantità d'acqua rimarrà all'interno della lettiera, accumulandosi; nel caso precedente, se l'evaporazione unitaria giornaliera effettiva risulta pari soltanto a 1,2 kg/m², avremo l'accumulo di 0,32 kg/m² di acqua nella massa e se tale processo non viene contrastato la qualità della lettiera sarà destinata a peggiorare rapidamente. Gli interventi attuabili per ristabilire una situazione corretta possono essere l'aggiunta di lettine, per incrementare l'assorbimento di acqua, l'aumento della superficie per capo, per abbassare l'esigenza di evaporazione unitaria, e l'aumento della frequenza delle lavorazioni superficiali (ponendo però attenzione a non provocare l'abbassamento della temperatura della lettiera).

Ad esempio, se dobbiamo evaporare 46 kg/d di acqua per ogni vacca, ma l'evaporazione effettiva si colloca su 1,2 kg/m², potremo passare da 30 a 38,3 m²/capo per ristabilire la neutralità del bilancio idrico della lettiera. Certo, in molte situazioni reali questo aumento è solo teorico, perché nella pratica si dovrebbe ridurre il numero di capi ospitati, oppure si dovrebbe costruire nuova superficie coperta e non è detto che ciò sia attuabile.

Il processo di evaporazione richiede elevati quantitativi di energia, ottenuti sottraendo calore all'ambiente circostante. La quantità di acqua evaporata, dunque, dipende in primo luogo dalla disponibilità energetica dell'ambiente o, in altri termini, dalla temperatura. Ad alte temperature ambientali corrispondono infatti elevati potenziali evaporativi.

Altro elemento molto importante è il contenuto di umidità dell'aria. A pressione atmosferica, infatti, la spontaneità del passaggio alla fase gassosa è caratteristica anche del processo inverso, la condensazione. E' la differenza di velocità tra i due processi a determinare il quantitativo di acqua evaporata nell'unità di tempo. Tale differenza è funzione del livello di saturazione dell'aria, meglio conosciuto come umidità relativa, che a sua volta è funzione della temperatura. Alla saturazione dell'aria (umidità relativa pari al 100%), la quantità di acqua che passa allo stato gassoso è uguale a quella che ritorna alla fase liquida. In tale situazione dunque, non vi sono apparenti scambi idrici tra

le due fasi e, in termini pratici, non è possibile asportare acqua dalla lettiera per evaporazione.

Altra importante caratteristica dell'ambiente in grado di influire sul processo evaporativo è la velocità dell'aria. Il movimento dell'aria ha l'effetto di sostituire l'aria satura di vapore adiacente alla superficie della lettiera con aria proveniente da zone più distanti, con tenore di umidità inferiore. Generalmente, a un incremento della velocità dell'aria corrisponde un incremento del tasso di evaporazione. Tuttavia, bisogna considerare che una velocità dell'aria eccessiva, specie a temperature ambientali molto basse, è destinata a determinare un'ingente sottrazione di calore dalla lettiera, limitando di conseguenza l'energia disponibile per il processo evaporativo (*Smits e Aarnink, 2009*).

Le principali caratteristiche della lettiera in grado di modificare il tasso di evaporazione sono il tipo di materiale, con riferimento particolare alla struttura e alla dimensione delle particelle, la temperatura del substrato e, ovviamente, le dimensioni (superficie e profondità).

Il processo evaporativo coinvolge le molecole di acqua contenute nella lettiera che si trovano a contatto con l'aria. Dato che la lettiera è un materiale poroso, l'evaporazione può avvenire sia sulla superficie, sia all'interno del substrato. La porosità, definita come il rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale della massa, può influenzare sensibilmente il tasso di evaporazione. In altri termini, a un aumento del contenuto di aria all'interno della massa corrisponde un aumento dell'evaporazione potenziale. Un altro parametro di interesse, a sua volta connesso con la porosità, riguarda la dimensione delle particelle che costituiscono la lettiera. Dalla granulometria del materiale dipende la superficie totale delle particelle che lo compongono, nota come superficie specifica. Una lettiera composta da particelle di piccola dimensione avrà una superficie specifica maggiore rispetto ad una con granulometria grossolana e di conseguenza un maggiore potenziale evaporativo. Materiali a granulometria molto fine, tuttavia, rischiano di compattarsi molto velocemente, limitando quindi la quantità di aria presente nella lettiera. La scelta dei materiali, così come l'intensità, la frequenza e la tipologia delle lavorazioni devono essere orientate a mantenere una lettiera il più possibile soffice e porosa.

L'inclusione di aria nella lettiera e l'aumento della superficie specifica sono inoltre connessi al livello di crescita dei microorganismi e quindi alla temperatura del substrato. I processi di degradazione della sostanza organica, che si svolgono all'interno della massa per opera di una vasta flora microbica, possono produrre notevoli quantità di calore. Oltre a rappresentare un valido strumento per il controllo del contenuto di umidità, l'attività di degradazione che si svolge all'interno della lettiera consente di limitare la proliferazione di microrganismi patogeni; ciò sembra essere dovuto principalmente all'incremento della competizione biologica. Inoltre, la crescita batterica determina la conversione dell'azoto minerale in azoto organico, limitando fortemente le emissioni di gas nocivi, soprattutto dell'ammoniaca.

Al fine di favorire la crescita microbica, è necessario mantenere all'interno della lettiera le condizioni ottimali. Le lavorazioni di rimescolamento ed aerazione della lettiera consentono di

incorporare le deiezioni fresche e, soprattutto, di apportare ossigeno al substrato. Quest'ultimo aspetto assume un'importanza centrale ed è l'elemento caratterizzante del sistema di stabulazione su lettiera compost. Analogamente a un normale processo di compostaggio, la presenza di ossigeno all'interno della lettiera porta ad una rapida degradazione della sostanza organica, che rilascia ingenti quantitativi di energia sotto forma di calore. Se gestita correttamente, la lettiera compost dovrebbe presentare, ad una profondità di circa 20 cm, una temperatura superiore a 40°C (*Bewley et al., 2012*).

Naturalmente, l'ossigeno è solamente uno dei numerosi elementi utilizzati dalla flora microbica della lettiera. Seppure con un approccio estremamente semplificato, si possono considerare il contenuto di carbonio e di azoto come fattori limitanti della crescita dei microrganismi. Di grande interesse risulta essere il rapporto tra questi elementi, detto rapporto C:N, per cui si possono considerare ottimali valori compresi tra 25:1 e 30:1 (*Bewley et al., 2012*). Le deiezioni prodotte dalle bovine presentano tipicamente elevati tenori di azoto, che quindi risulta ampiamente disponibile. Un contenuto eccessivo di questo elemento, tuttavia, può inibire l'attività microbica, con rapido peggioramento delle condizioni della lettiera e incremento delle emissioni ammoniacali. Al fine di mantenere il rapporto C:N entro i valori ottimali, alla lettiera possono essere aggiunte matrici organiche a elevato contenuto di carbonio.

Come per tutti i processi biologici, la disponibilità di acqua è un elemento fondamentale per la flora microbica nella lettiera. Ad umidità molto basse (20-30%) la crescita è inibita. Tuttavia, i problemi maggiori si riscontrano ad umidità troppo elevate, in particolare oltre il 65-70%, perché le particelle tendono ad aderire formando agglomerati compatti, che limitano la penetrazione di aria, e quindi di ossigeno, all'interno del substrato. In tali condizioni l'attività microbica risulta fortemente penalizzata, fino a determinare un repentino calo della temperatura e di conseguenza una riduzione dell'evaporazione. Una volta che la lettiera entra in questo stato di "blocco" biologico, risulta molto difficile ripristinare le condizioni ottimali e, nella maggior parte dei casi, si rende necessario il rinnovo dell'intera lettiera.

Altra caratteristica che è necessario esaminare è la profondità della lettiera. Fino ad ora abbiamo considerato l'incremento della superficie di contatto con l'aria uno strumento per mantenere sotto controllo il contenuto di umidità. Tuttavia bisogna considerare che la superficie su cui avviene l'evaporazione è coinvolta anche da una dispersione termica la cui intensità è soprattutto funzione della temperatura dell'aria. Al fine di garantire l'energia necessaria al passaggio di fase dell'acqua e mantenere una temperatura adatta a sostenere la crescita della flora batterica, il calore prodotto dai processi di degradazione della sostanza organica deve essere mantenuto all'interno del substrato (*Smits e Aarnink, 2009*). In tal senso la profondità della lettiera gioca un ruolo fondamentale, poiché è in grado di modificare direttamente l'estensione della superficie esposta all'aria per unità di volume. Con una profondità di 1 m, per un volume di substrato pari a 1 m³, risulterà esposta all'ambiente, e quindi allo scambio termico, una superficie di 1 m². Il rapporto tra superficie e volume, dunque, risulta uguale a 1 m²/m³. Ad una profondità di 0,25 m, invece, tale rapporto

risulterà pari a $4 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Seppure banale, questo esempio è utile per capire la natura esponenziale della relazione che lega la profondità alla superficie esposta per unità di volume e quindi, indirettamente, anche a temperatura e contenuto di umidità della lettiera. Così come la superficie per capo, infatti, la profondità assume una rilevanza tale da rappresentare un elemento distintivo dei sistemi di stabulazione CB diffusi nel mondo.

La superficie della lettiera o, in altri termini, lo spazio per capo è uno dei principali parametri in grado di modificare il bilancio idrico della lettiera. Un semplice esempio numerico è utile per capirne l'importanza. Il tasso di evaporazione, come si è visto in precedenza, viene espresso in chilogrammi di acqua evaporata nell'unità di tempo, su una determinata superficie. Un tasso di evaporazione di $1,5 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ d}$ può essere rappresentativo per il periodo autunno-invernale in un'area climatica come quella della Pianura Padana.

Riassumendo quanto riportato in precedenza, appare evidente come il tasso di evaporazione e lo spazio per capo sono strettamente legati al consumo di materiali da lettiera e, di conseguenza, rappresentano i fattori più importanti per la gestione e la progettazione delle stalle CB. Per mantenere il consumo di materiali da lettiera entro livelli economicamente sostenibili, a bassi tassi di evaporazione devono corrispondere ampi spazi per capo e viceversa. Tale relazione si riflette nelle due principali strategie gestionali che è possibile applicare ai sistemi di stabulazione su lettiera coltivata. La prima prevede di mantenere un ampio spazio per capo, per garantire una superficie asciutta anche nei periodi in cui l'evaporazione è limitata (modello israeliano). La seconda, invece, sfrutta il riscaldamento della lettiera per incrementare il tasso di evaporazione e ridurre lo spazio per capo necessario (modello americano). Ovviamente, quest'ultima soluzione risulta più complessa in termini operativi poiché è necessario mantenere la lettiera nelle condizioni ideali per la crescita dei microorganismi responsabili della degradazione del materiale organico e, di conseguenza, massimizzare la produzione di calore. Inoltre, se da un lato il calore prodotto nel substrato mira a limitare il fabbisogno di materiali assorbenti, dall'altro la flora microbica necessita di una fonte di energia che deve essere fornita aggiungendo materiale da lettiera. Per questo motivo i sistemi basati sullo sviluppo di calore e con spazi per capo relativamente ridotti si sono diffusi nelle aree in cui i costi dei materiali a base legnosa, e quindi con elevato contenuto energetico, sono particolarmente bassi.

Nel contesto italiano, in particolare nelle regioni settentrionali, le condizioni climatiche e i prezzi elevati di segatura e trucioli hanno portato allo sviluppo di un sistema ibrido, dove a uno spazio per capo relativamente elevato deve essere abbinata una gestione orientata a massimizzare l'evaporazione.

1.1.8. Progettazione dei sistemi di stabulazione a compost barn

Come già detto in precedenza, lo spazio per capo è certamente il parametro più importante nella progettazione di una CB. Dal punto di vista teorico, dato un tasso di evaporazione, che dipende in

primo luogo dalle condizioni climatiche, ci si potrebbe aspettare che l'aumento dello spazio per capo porti a una diminuzione dei consumi di materiali da lettiera e, quindi, dei costi di gestione. Ma ciò non è sempre vero, perché superfici ampie o molto ampie richiedono comunque la copertura con una strato iniziale di lettiera che non può essere troppo ridotto. Un banale esempio può chiarire il concetto: assegnando 15 m²/capo e costituendo una lettiera iniziale di 40 cm, si avrà un consumo unitario iniziale di 6 m³ di lettiera, mentre con 25 m²/capo e 30 cm di spessore il consumo sarà di 7,5 m³. Inoltre, l'aumento dello spazio per capo determina un ovvio incremento dei costi di costruzione della stalla.

Il valore ottimale dello spazio per capo in una stalla a lettiera coltivata sarà quello che consente di minimizzare la somma dei costi per l'acquisto dei materiali da lettiera e per la costruzione della stalla. Tali costi possono però essere molto variabili e, di conseguenza, lo spazio per capo ottimale deve essere valutato caso per caso. Per esempio, se un'azienda è in grado di reperire materiale da lettiera di buona qualità a un costo particolarmente basso, risulterà conveniente ridurre lo spazio per capo al fine di limitare i costi di costruzione. Nel caso opposto, con un costo elevato per i materiali da lettiera (o una scarsa reperibilità), l'aumento dello spazio per capo potrebbe determinare una riduzione dei costi totali.

In uno studio svolto recentemente dall'Università di Firenze in collaborazione con le APA di Mantova e Cremona, lo spazio per capo ottimale per stalle a lettiera compost è stato calcolato sulla base dei costi medi per l'approvvigionamento dei materiali da lettiera e per la costruzione dei ricoveri (*Leso, 2015*). I risultati indicano uno spazio ottimale pari a 14,6 m²/capo. Tale valore è riferito a stalle con lettiera nella sola zona di riposo, destinate a vacche in lattazione di razza Frisona con un livello produttivo medio pari a 10 t/anno e può essere considerato di riferimento per la progettazione dei sistemi di stabulazione su lettiera coltivata nella zona della Pianura Padana.

Lo spazio per capo deve però essere adeguato al livello produttivo e al peso vivo degli animali. Nel caso di una produzione media maggiore a quella di riferimento, la superficie a lettiera deve essere aumentata, mentre può essere ridotta per animali con limitata capacità produttiva o peso vivo inferiore.

Per i capi adulti in asciutta si considerano ottimali spazi in lettiera di almeno 10 m²/capo, mentre per gli animali da rimonta le superfici minime variano da 3 m²/capo per le vitelle fino a 7 m²/capo per le manze gravide. Per tutte le categorie di animali, in caso di lettiera integrali (ovvero in assenza di una zona di alimentazione nettamente distinta e pulita con mezzi meccanici) le superfici devono essere aumentate del 80-85%. Per queste stalle, inoltre, sono necessari accorgimenti specifici per evitare la deposizione localizzata delle deiezioni nelle aree di alimentazione: un sistema è quello di utilizzare mangiatoie mobili, del tipo di quelle usate per bovini al pascolo.

Nella [tabella 1.3](#) sono riportati gli spazi per capo consigliati per alcune categorie di bovine da latte.

Una volta individuato lo spazio per capo ottimale, la progettazione di un ricovero CB è

relativamente semplice. Tuttavia, alcuni accorgimenti progettuali specifici possono facilitare la gestione degli animali e della lettiera.

Generalmente è consigliata la realizzazione di una corsia di alimentazione con pavimento pieno di calcestruzzo, con opportuna finitura antiscivolo e dotata di raschiatore meccanico per la rimozione delle deiezioni. Il ricovero risulta quindi organizzato in due aree funzionali principali, l'area di alimentazione e l'area di riposo, che è interamente destinata alla lettiera; a queste si aggiunge una corsia di foraggiamento funzionale al passaggio dei mezzi meccanici per la distribuzione degli alimenti.

Sebbene siano possibili alcune varianti, nel modello più diffuso di stalla compost, la corsia di foraggiamento, la corsia di alimentazione e l'area di riposo sono contigue. Il ricovero è dunque composto da un unico edificio che generalmente assume forma rettangolare. Questa soluzione si è rivelata particolarmente funzionale, poiché consente di minimizzare il costo di costruzione e di ottenere un buon livello di ventilazione naturale, soprattutto in presenza di un tetto a due spioventi con pendenza di falda di almeno il 20% e con fessura di colmo adeguatamente dimensionata (Rossi, 2016).

La lunghezza della corsia di alimentazione (e della stalla) è definita sulla base dello spazio per capo in mangiatoia; per bovine adulte si consigliano valori compresi tra 0,68 e 0,75 m/capo. Vanno poi considerati, sulla linea della rastrelliera, i necessari passi d'uomo per il facile accesso alle aree di stabulazione da parte dell'operatore e per l'eventuale rapida fuga in caso di pericolo. La larghezza dell'area di riposo è quindi calcolata dividendo la superficie totale della zona a lettiera per lo sviluppo totale del fronte alla mangiatoia. Per la larghezza della corsia di alimentazione si considerano ottimali valori di 4-4,5 m.

L'area di lettiera adiacente alla corsia di alimentazione, essendo molto frequentata dalle bovine che si muovono da e verso l'area di riposo, tende a deteriorarsi velocemente, quindi richiede una particolare cura. In genere, è preferibile collocare i passaggi di collegamento delle due aree, dotati di cancello, alle due estremità del box, per ottenere i seguenti benefici:

- buona circolazione degli animali fra le due aree, con eliminazione dei *cul-de-sac*, che possono creare problemi soprattutto alle vacche più giovani, di recente introduzione;
- migliore identificazione dell'area effettiva di riposo sulla lettiera, perché i passaggi e i camminamenti sono concentrati in due punti estremi, che saranno quelli non utilizzati dagli animali per il decubito.

Ovviamente, se la lunghezza del box è elevata (oltre i 40 m) è conveniente inserire un ulteriore passaggio di collegamento centrale. I cancelli dei passaggi sono utili per mantenere le bovine fuori dalla zona di riposo durante le operazioni di rivoltamento e rinnovo della lettiera.

La profondità della lettiera può essere molto variabile (da 0,2 m fino a oltre 1 m) a seconda del tipo

di materiale e di gestione che si intende adottare. In genere, un profondità di almeno 0,5 m è consigliata, poiché consente di mantenere all'interno del substrato il calore prodotto dai processi di degradazione e quindi incrementare l'evaporazione. La pavimentazione sottostante la lettiera deve essere impermeabile, realizzata in genere con calcestruzzo, ma anche con teli di materiale plastico resistente. Si consiglia di realizzare la pavimentazione dell'area di riposo ad una quota inferiore rispetto al piano della corsia di alimentazione; in questo modo, una volta aggiunto il materiale da lettiera, l'intera superficie di stabulazione risulterà pressoché priva di dislivelli.

Nelle stalle CB uno dei rischi maggiori è l'utilizzazione eterogenea dell'area di riposo, che può portare a un rapido incremento dell'umidità della lettiera nelle aree maggiormente utilizzate. Alcuni accorgimenti possono favorire una distribuzione omogenea dei capi all'interno della stalla. Una soluzione è quella di disporre le spazzole per le bovine nelle zone dell'area di riposo meno frequentate (*figura 1.8*). Altro aspetto di grande rilevanza riguarda la ventilazione: si devono adottare soluzioni mirate a garantire condizioni ambientali il più possibile omogenee all'interno del ricovero.

In una stalla CB, oltre che per il comportamento e il benessere degli animali, la ventilazione è importante perché influisce sull'evaporazione di acqua dalla lettiera. Inoltre, l'intensa produzione di gas, in particolare vapore acqueo, richiede portate d'aria superiori rispetto ai sistemi di stabulazione su cuccetta. Per questo le aperture di ventilazione, i sistemi meccanici e l'orientamento dell'edificio devono essere progettati con particolare attenzione.

Nelle stalle CB, così come nelle comuni stalle a lettiera permanente, gli abbeveratoi sono installati solo nella corsia di alimentazione (*figura 1.9*), per evitare che gli animali possano bagnare la lettiera.

Anche per le stalle a lettiera, le tipologie edilizie più diffuse sono quelle con copertura a due falde a pendenza elevata (25-35%) e fessura di colmo continua con cupolino. Recentemente, l'Università del Kentucky ha prodotto alcune linee guida che riguardano specificamente il dimensionamento delle aperture di ventilazione per stalle con lettiera coltivata (*Bewley et al., 2013*). Per il dimensionamento dell'apertura di colmo è consigliata una larghezza di 2,5-3 cm per ogni metro di larghezza della copertura. Ma il modo più corretto è sempre quello di fare il dimensionamento analitico sulla base delle portate d'aria di progetto, che a loro volta fanno riferimento al carico animale previsto e alle condizioni climatiche considerate.

Se è presente un cupolino a protezione della fessura di colmo, è importante che l'altezza delle aperture laterali che si vengono a formare sia pari a 0,6-0,7 volte la larghezza dell'apertura di colmo.

Al fine di massimizzare la ventilazione naturale, i lati della stalla devono essere privi di tamponamenti fissi e l'altezza libera in gronda deve essere di 4-4,5 m. L'installazione di reti frangivento mobili è sicuramente utile, soprattutto nel periodo invernale, per limitare la velocità dell'aria all'interno della stalla, che potrebbe portare a un abbassamento troppo marcato della

temperatura della lettiera. L'utilizzo delle reti nel periodo estivo per ombreggiare il ricovero, invece, deve essere il più possibile limitato, per evitare che la ventilazione naturale venga ridotta. La realizzazione di sporti di gronda ampi, nell'ordine di 1,5-2 m, consente di evitare l'irraggiamento diretto delle aree di stabulazione e di proteggere la lettiera dalla pioggia, senza interferire con la ventilazione.

Un ultimo aspetto della progettazione che è utile analizzare riguarda le attrezzature per la ventilazione artificiale nell'area di riposo. Negli ultimi anni i ventilatori del tipo HVLS (*High Volume Low Speed*), anche noti come destratificatori o “elicotteri”, si sono diffusi in molte stalle italiane. Tale soluzione, rispetto ai sistemi convenzionali, consente un notevole risparmio energetico e si è rivelata particolarmente funzionale nelle CB, poiché contribuisce a mantenere asciutta la lettiera. Altre soluzioni come la ventilazione trasversale o longitudinale possono comunque essere applicate con successo. In tutti i casi, la scelta del diametro dei ventilatori e la loro distribuzione deve essere orientata a ottenere una distribuzione e una velocità dell'aria all'interno del ricovero il più possibile omogenee. Generalmente, un numero maggiore di ventilatori con diametro relativamente ridotto consente di ottenere risultati migliori rispetto a ventilatori di grande diametro ma in numero inferiore (*Taraba, 2017*).

1.1.9. Scelta dei materiali e gestione della lettiera

Insieme alla progettazione adeguata dei ricoveri, la corretta gestione della lettiera e la scelta dei materiali sono senza dubbio i fattori chiave per massimizzare i vantaggi offerti dalla stabulazione su lettiera compost. Rispetto alle cuccette, questo sistema richiede capacità gestionali e una preparazione tecnica superiori. Una gestione scorretta o incostante provoca spesso un incremento dei costi di produzione e può determinare risultati molto variabili o addirittura effetti negativi nei confronti del benessere degli animali. È quindi utile descrivere alcune buone pratiche di gestione, che sono il risultato della ricerca scientifica, ma anche dell'esperienza maturata negli allevamenti dove il sistema è applicato da anni.

Nelle stalle CB è possibile utilizzare diversi materiali da lettiera, a patto che siano garantiti spazi per capo adeguati. Secondo uno studio americano, qualsiasi materiale organico con una dimensione massima delle particelle di 2,5 cm, un contenuto di umidità inferiore al 25% e un buon potere assorbente potrebbe essere utilizzato con successo (*Shane et al., 2010*). In realtà, i materiali utilizzati sono relativamente pochi e si possono ricondurre a due tipologie principali: i residui della lavorazione del legno e il compost.

Segatura e trucioli sono senz'altro i materiali da lettiera più diffusi. Nella scelta di questi materiali si deve tenere conto soprattutto dell'umidità. Come già detto, segature umide o in cattivo stato di conservazione possono contenere quantità elevate di coliformi del genere *Klebsiella*, oltre ovviamente ad avere una capacità di assorbimento minore. La segatura, specie se molto fine, tende a compattarsi molto rapidamente; per questo alcuni allevatori preferiscono utilizzare un mix di

segatura e trucioli di legno. Negli ultimi anni, a causa della competizione con il mercato energetico, il prezzo delle matrici legnose è aumentato sensibilmente e la loro disponibilità risulta spesso limitata.

Il compost può rappresentare una valida alternativa a un costo molto ridotto. Nonostante sia prodotto partendo da rifiuti, il compost è un materiale relativamente sicuro sia da un punto di vista chimico, che microbiologico. La normativa impone alle aziende produttrici una serie di controlli, per cui il materiale deve essere sempre accompagnato da un certificato di analisi (d.lgs. 75/2010). L'unica controindicazione riguarda la presenza di batteri termofili, per cui questo materiale è sconsigliato nelle filiere dei prodotti a lunga conservazione (come quella del Parmigiano Reggiano).

Esistono sostanzialmente due tipologie di compost: ammendante compostato misto e ammendante compostato verde. Entrambe si sono dimostrate adatte all'utilizzo nelle stalle a lettiera coltivata. Nella scelta del materiale si devono però tenere presente alcuni parametri. Primo tra tutti l'umidità, che deve essere la più bassa possibile e in ogni caso inferiore al 50% (limite massimo imposto dalla normativa). Anche il contenuto di inerti e soprattutto sabbia deve essere il più possibile limitato, mentre un rapporto C:N elevato è preferibile. Infine, è necessario valutare la granulometria; al termine del processo di compostaggio, il materiale viene vagliato per eliminare le componenti più grossolane, per cui la maggior parte degli impianti è in grado di fornire compost con granulometria più o meno fine. I materiali vagliati con schermi da 8 a 12 mm sono consigliati.

Indipendentemente dal materiale utilizzato, l'obiettivo principale nella gestione di una stalla CB è quello di garantire alle bovine una superficie asciutta e confortevole. Conoscere il contenuto di umidità della lettiera è quindi fondamentale per attuare una gestione corretta. La misura dell'umidità può essere effettuata con vari metodi. Il più accurato è l'essiccazione in stufa fino a peso costante. Tale metodo però richiede un'attrezzatura specifica e tempi relativamente lunghi, sia per la preparazione dei campioni sia per l'essiccazione, per cui generalmente è eseguito in laboratorio. Un'opzione molto meno accurata, ma certamente più pratica, è il cosiddetto *squeeze test* che consiste semplicemente nel raccogliere un pugno di lettiera nella mano e strizzarla. Se il materiale pressato rimane sciolto l'umidità è inferiore al 50% mentre se aderisce formando un corpo solido l'umidità è superiore al 50%. Se pressando il materiale fuoriescono dei liquidi o la mano risulta bagnata allora l'umidità è superiore al 60-65%, che è da considerare come il limite massimo per la lettiera compost.

Nei periodi in cui l'evaporazione è insufficiente a mantenere l'umidità della lettiera entro i livelli ottimali (40-60%), è necessario aggiungere materiale asciutto per assorbire l'acqua in eccesso. Al fine di individuare prontamente eventuali aumenti del contenuto di umidità, soprattutto durante il periodo invernale, si consiglia di effettuare lo *squeeze test* una o due volte alla settimana. Questo consente di intervenire con l'aggiunta di materiale da lettiera al momento opportuno e con quantità adeguate, evitando che la lettiera raggiunga una condizione critica e sia quindi necessario rinnovarla completamente. In termini generali, l'aggiunta di materiale asciutto (<25% umidità) consente di

abbassare l'umidità della lettiera; in una stalla per vacche in lattazione con uno spazio adeguato (15 m²/capo) sarà necessario aggiungere alla lettiera 80-100 kg di materiale asciutto per animale una volta alla settimana. Nelle stalle che utilizzano compost (<50% umidità) queste quantità dovranno essere aumentate di 2-4 volte, in funzione del livello di umidità del materiale fresco. Nella maggior parte dei casi, l'aggiunta di materiale risulta necessaria solamente nel periodo invernale, mentre durante le altre stagioni l'evaporazione dovrebbe essere sufficiente a mantenere l'umidità della lettiera entro i livelli ottimali.

Altro parametro di importanza cruciale per la gestione delle stalle CB è la temperatura della lettiera che, a una profondità di 20-25 cm, deve essere superiore ai 40°C. Per misurare la temperatura della lettiera si può utilizzare un termometro con sonda a penetrazione (*figura 1.10*), impiegato comunemente nelle aziende agricole per misurare la temperatura dei foraggi. Qualora lo strumento non fosse disponibile, è possibile valutare la temperatura semplicemente appoggiando il palmo della mano sulla lettiera dopo aver rimosso lo strato superficiale. È comunque importante misurare la temperatura in diversi punti della lettiera e almeno una volta alla settimana. Soprattutto durante l'inverno, lo sviluppo di calore nella lettiera è importante per incrementare l'evaporazione e quindi ridurre il consumo di materiali. Per favorire l'incremento di temperatura la lettiera deve essere mantenuta nelle condizioni ideali per la crescita microbica. Ancora una volta, l'umidità è il parametro più importante. Quando la lettiera raggiunge contenuti di umidità troppo elevati (>60-65%) la temperatura è destinata a calare rapidamente.

La lavorazione della lettiera consente di incorporare le deiezioni fresche, ma anche di apportare ossigeno al substrato. L'ossigeno contenuto nell'aria è il comburente per le reazioni biochimiche che avvengono nella lettiera; la lavorazione è quindi uno dei principali strumenti per favorire lo sviluppo di calore nella lettiera e deve essere effettuata due volte al giorno con regolarità (*Taraba, 2017*). Le lavorazioni si distinguono principalmente per la profondità e per la tipologia di attrezzo utilizzato. Sebbene la maggior parte delle aziende utilizzi un solo attrezzo per lavorare la lettiera, tipicamente un erpice a denti fissi o elastici, i risultati migliori si ottengono combinando lavorazioni differenti. Per le lavorazioni più frequenti si consiglia uno strumento di tipo attivo con una profondità di lavoro ridotta (15-20 cm); la fresa risulta particolarmente adatta perché consente di ridurre la dimensione degli agglomerati e ottenere una superficie porosa e ben livellata. Se possibile, alle lavorazioni superficiali è consigliato abbinare una lavorazione profonda (30-40 cm) effettuata una o due volte alla settimana con un erpice ad ancore o ripuntatore. Tale operazione consente di rompere la suola di lavorazione che si forma con l'uso della fresa e di apportare ossigeno alla parte più profonda della lettiera.

Con uno spazio per capo adeguato e una gestione corretta, la lettiera può essere mantenuta in condizioni ottimali per periodi di tempo relativamente lunghi, anche superiori a 18-24 mesi. Nella realtà operativa, risulta comunque conveniente rinnovare la lettiera almeno una volta all'anno. Tale operazione viene generalmente effettuata in novembre-dicembre, in modo da garantire le migliori condizioni durante la stagione invernale, che è certamente la più critica, in particolare per quanto

riguarda il controllo dell'umidità. In annate con condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, o a causa di errori gestionali, può essere necessario un rinnovo primaverile. Per il rinnovo della lettiera si può procedere con due modalità distinte. La prima, adatta a lettiere di profondità ridotta, prevede di rimuovere completamente la lettiera esausta e sostituirla con materiale fresco. Nella seconda, invece, si asporta solamente lo strato superficiale (30-40 cm) mentre il materiale più profondo viene lasciato all'interno della stalla; tale operazione richiede l'uso di una lama livellatrice. Una volta rimosso lo strato superficiale, il materiale fresco è distribuito sulla parte di lettiera rimanente.

Nel caso di rinnovo completo, o di avvio di una nuova lettiera, alcuni allevatori preferiscono aggiungere uno strato relativamente sottile di materiale fresco per poi incrementare gradualmente la profondità. Questa soluzione consente di risparmiare nella fase di rinnovo/avvio. Tuttavia, in una lettiera di profondità ridotta (<0,5 m) non è possibile ottenere un adeguato innalzamento della temperatura a causa dell'elevato rapporto tra superficie esposta e volume. Questo tipo di lettiera ha quindi un tasso di evaporazione molto ridotto e, soprattutto nel periodo invernale, risulta necessario aggiungere una quantità elevata di materiali per assorbire l'umidità in eccesso. Inoltre, la ridotta attività microbica è destinata ad aumentare l'emissione di gas inquinanti, in particolare ammoniaca. Per questi motivi, dopo il rinnovo completo o per l'avvio di una nuova lettiera si consiglia di aggiungere materiale fresco per una profondità di almeno 30-40 cm, in modo da raggiungere in tempi relativamente brevi la profondità ottimale. Per favorire un rapido incremento della temperatura, è inoltre possibile aggiungere al materiale fresco una quantità limitata di lettiera esausta che funge da inoculo.

1.2. Modelli progettuali di compost barn (Fase 2)

1.2.1. Analisi database allevamenti

La prima attività prevista in questa fase è l'analisi critica dei dati disponibili sul Database IBA di CRPA relativo agli allevamenti bovini da latte, allo scopo di estrapolare le informazioni utili alla definizione degli schemi progettuali di riferimento per le stalle di vacche da latte della zona del Parmigiano Reggiano (P-R).

Nel Database in questione sono inserite 521 aziende emiliano-romagnole e per ciascuna sono disponibili i dati essenziali raccolti con la *checklist* IBA – Indice di Benessere dell'Allevamento (*Rossi e Gastaldo, 2006; CRPA, 2008; Gastaldo e Rossi, 2011*), ovvero i dati generali dell'azienda e i dati relativi alle strutture d'allevamento (tipo di edificio, tipologia di stabulazione, capienza, caratteristiche della zona di riposo, mangiatoie, abbeveratoi ecc.).

Il campione rappresenta il 12,4% dell'universo di aziende con bovini da latte della regione, così come risulta dall'ultimo Censimento dell'agricoltura 2010, ma oltre il 30% dei bovini allevati, a significare che nel campione IBA sono presenti allevamenti medi e medio-grandi, cioè quelli più rilevanti, anche in prospettiva futura, per la zootecnia dell'Emilia-Romagna.

Benché i dati non siano molto recenti, perché raccolti fra gli anni 2006 e 2010, sono comunque l'unico riferimento esistente in regione per molti degli aspetti considerati; di questo fatto, comunque, si terrà conto in sede di definizione degli schemi progettuali, soprattutto in termini di capienza.

Essendo il progetto riferito all'area di produzione del P-R, una prima selezione del campione ha escluso tutte le aziende delle province non interessate da questa produzione Dop; un secondo livello selettivo ha escluso le aziende delle province rimaste che producono latte destinato all'alimentazione.

Peraltro, sempre con riferimento ai dati del Censimento, bisogna considerare che le province del P-R sono anche quelle nettamente predominanti per il comparto bovino da latte regionale; infatti, le province che si collocano ai primi posti in termini di numero di aziende sono, nell'ordine, Parma (1.251), Reggio (1.145) e Modena (888), che insieme rappresentano il 77% del totale aziende della regione. Non molto diversa la situazione dei capi allevati: Parma (82.140), Reggio (71.795) e Modena (43.466) insieme hanno l'80% del patrimonio bovino da latte regionale.

Il campione selezionato annovera quindi 410 aziende che producono latte destinato alla trasformazione in P-R. La distribuzione per provincia è la seguente:

- Parma	142
- Reggio Emilia	154
- Modena	99
- <u>Bologna</u>	<u>15</u>
- Totale	410

Il 72,2% delle aziende è collocato in zona altimetrica di pianura, mentre alla collina e alla montagna appartengono rispettivamente il 16,1% e l' 11,7% delle aziende.

La capienza media delle 410 aziende è pari a 80 vacche da latte (delle quali 67 mediamente in mungitura) e a 60 bovini da rimonta di tutte le categorie (dal vitello alla manza gravida).

Per quanto riguarda il sistema di stabulazione delle vacche, il campione è praticamente diviso a metà: 206 aziende hanno stalle a stabulazione fissa (legata), mentre 204 aziende hanno stalle a stabulazione libera.

Un terzo livello di selezione, quindi, è proprio rappresentato dalla stabulazione libera, essendo il progetto riferito a un sistema d'allevamento innovativo e al suo confronto con i sistemi moderni di allevamento delle vacche da latte (principalmente la stabulazione con cuccette), che non comprendono la stabulazione fissa. Questa è certamente da considerarsi un retaggio del passato, anche se in zona P-R, come si è visto, è ancora presente in molte aziende (soprattutto in quelle più piccole).

Con riferimento alle sole aziende che hanno stalle libere per vacche da latte, si possono ricalcolare

le medie dei parametri sopra esposti, per verificare come questi cambiano al modificarsi del campione di riferimento.

Il nuovo campione di 204 aziende ha la seguente distribuzione per provincia:

- Parma	92
- Reggio Emilia	54
- Modena	46
- <u>Bologna</u>	<u>12</u>
- Totale	204

In termini percentuali, quindi, le province di Bologna e Parma sono quelle con la maggior prevalenze di stalle libere (rispettivamente 80% e 65%), mentre nelle province di Modena e Reggio le stalle libere sono minoritarie (rispettivamente 46% e 35%), almeno con riferimento al campione in esame.

Rispetto alla zona altimetrica, la distribuzione di questo campione non è molto diversa dal campione allargato di 410 aziende: 74,5% per la pianura, 11,7% per la collina e 13,7% per la montagna.

La capienza media delle 204 aziende, com'era lecito attendersi, si modifica in aumento, con quasi 120 vacche da latte e 89 bovini da rimonta delle diverse categorie; le vacche in mungitura sono in media pari a 98.

Il database IBA suddivide le stalle libere in 3 categorie:

1. con lettiera integrale (estesa a tutta la superficie di stabulazione)
2. con lettiera solo in zona di riposo
3. con cuccette

La stragrande maggioranza delle aziende ha stalle libere a cuccette per le vacche (83,3%), a conferma del trend evolutivo che ha interessato questo comparto negli ultimi 40 anni, che ha visto le lettiere sempre meno interessanti per gli allevatori e le cuccette diventare l'assoluto riferimento progettuale, benché in numerose varianti e tipologie (2 file, 3 file, 4 file, 6 file, groppa a groppa, testa a testa ecc.).

Oltre l'80% delle stalle a lettiera è del tipo a lettiera permanente, ovvero della tipologia classica di stabulazione con la quale si è diffusa inizialmente la stalla libera (anni '60 e '70), mentre il rimanente 17,6% è del tipo a lettiera inclinata, sistema poco adottato per le vacche e più diffuso per i capi da rimonta.

La caduta d'interesse per le lettiere tradizionali, in particolare per quelle definite permanenti, ha ragioni tecniche ed economiche abbastanza note:

- tendenza al sovraffollamento delle stalle, in quanto la zona di riposo non evidenzia il

numero di posti per il quale è stata progettata (a differenza di quanto avviene con le cucette, benché anche in questo caso non siano rari i casi di sovraffollamento conclamato);

- come conseguenza del punto precedente, peggioramento della qualità della lettiera, sia in termini di comfort per gli animali, sia in termini igienico-sanitari, con elevati rischi di infezioni mammarie, lesioni da calpestamento e inquinamento del latte;
- superfici coperte maggiori rispetto alle moderne stalle a cucette;
- elevati costi per la gestione e la cura della zona di riposo, come conseguenza dei consumi di lettine (soprattutto paglia) e delle notevoli richieste di lavoro e di macchine per le operazioni di distribuzione del materiale da lettiera e di asportazione del letame accumulato.

La superficie di riposo a lettiera permanente attribuita alla singola vacca varia da poco meno di 5 m² a poco più di 16 m², posizionandosi come valore medio sui 7,1 m²/vacca.

Fra le stalle a cucette, quasi il 57% ha cucette del tipo a buca con lettiera, mentre le stalle con cucette a pavimento pieno con tappeti/materassi sintetici e/o lettiera rappresentano circa il 42% del totale.

Il materiale da lettiera più utilizzato dalle aziende che hanno stalle a cucette è la paglia (oltre l'86%), in alcuni casi in abbinamento con la segatura; scarsamente impiegati gli altri materiali, quali trucioli e separato solido da liquami.

Passando alla tipologia di pavimenti delle aree di stabulazione, prevale nettamente il pavimento pieno rigato di calcestruzzo, sia in zona di alimentazione (59,6%) che in corsia di smistamento (66%); al secondo posto in entrambe le aree si colloca il pavimento pieno senza rigatura antiscivolo. I pavimenti fessurati o forati, con o senza tappetini di gomma, sono scarsamente diffusi nelle stalle da P-R (12,8% nelle corsie di alimentazione e 11,5% nelle corsie di smistamento).

Strettamente collegato al tipo di pavimento è il sistema di asportazione degli effluenti dalla stalla; nelle aziende del campione prevale in modo netto l'impianto automatico a raschiatori meccanici, presente nell'81% dei casi, sia in zona di alimentazione, sia in corsia di smistamento. Al secondo posto, ma con percentuali modeste (9-9,6%), si piazza l'asportazione con mezzo meccanico portato da trattore (lama raschiante).

Uno sguardo alla diffusione dei principali impianti tecnologici che possono essere presenti in un allevamento da latte; di seguito l'elenco degli impianti e la relativa percentuale di aziende nelle quali tali impianti sono presenti:

- | | |
|--|-------|
| – impianto di alimentazione (autoalimentatori) | 67,1% |
| – impianto di ventilazione in zona alimentazione | 31,9% |
| – impianto di ventilazione in zona riposo | 28,9% |
| – impianto di ventilazione in zona attesa | 10,3% |
| – impianto di raffrescamento (con acqua) | 15,2% |

Ovviamente, non sono elencati quegli impianti che, per la loro funzione, sono sempre presenti in una stalla da latte (impianto di mungitura e impianto di abbeverata).

I dati relativi agli impianti di ventilazione e di raffrescamento risultano certamente molto datati, non fotografando correttamente l'attuale situazione delle stalle da latte; negli ultimi 10 anni, infatti, l'interesse per questi impianti è cresciuto in modo esponenziale, al punto che è possibile affermare, sulla base dell'esperienza e della frequentazione continua degli allevamenti, che oggi difficilmente si può trovare una stalla per vacche da latte a stabulazione libera che non abbia ventilatori per la limitazione dello stress da caldo e in molti casi sono anche presenti sistemi di bagnatura degli animali (raffrescamento evaporativo a "goccia grande").

Per quanto concerne l'alimentazione, circa il 30% delle aziende adotta la tecnica unifeed (piatto unico), mentre il 70% alimenta le vacche in modo tradizionale, distribuendo i foraggi in mangiatoia e i mangimi concentrati negli autoalimentatori. Anche in questo caso la situazione attuale è forse un po' diversa, con una maggiore percentuale di allevamenti che alimentano a unifeed, ma non ci sono statistiche affidabili che possano confermare questa impressione e che possano fornire un dato diverso.

Praticamente tutte le stalle del campione sono dotate di una rastrelliera della mangiatoia del tipo a posti delimitati, in genere con dispositivi autocatturanti, e il singolo posto ha un fronte medio di 0,7 m, con variabilità fra 0,6 e 0,9 m.

A livello organizzativo, la maggior parte delle aziende mantiene le vacche in mungitura in un unico gruppo di produzione (45,8%), mentre una quota pure rilevante (36%) le suddivide in 2 gruppi. Decisamente meno comune la suddivisione in 3 gruppi (12,3%) e in 4 gruppi (5%).

Il numero di addetti in azienda è valore alquanto variabile, sia in dipendenza dalla dimensione dell'allevamento e dalla dotazione di impianti e macchinari, sia per il tipo di coltivazioni praticate in azienda, oltre alle foraggere.

La media delle aziende del campione è di 2,8 addetti, con una frequenza maggiore delle aziende che hanno 2 o 3 addetti (rispettivamente il 39,4% e il 33% del totale aziende); seguono le aziende che hanno 4 addetti (15,3%) e quelle che ne hanno uno solo (6,9%). Pochi i casi di aziende che impiegano più di 4 addetti.

Se si rapporta il numero di vacche al numero di addetti si ottiene un valore medio di 44 vacche/addetto, ma con una variabilità elevatissima (da un minimo di 14,5 a un massimo di 130 vacche/addetto); ovviamente, da questo punto di vista, hanno grande rilevanza il tipo di stabulazione e il livello di dotazione tecnologica delle aziende.

1.2.2. Modelli di stalle tradizionali

La seconda attività della Fase 2 è la predisposizione di modelli di stalle libere tradizionali per

l'allevamento delle vacche da latte, con riferimento alle tipologie più diffuse nell'area del P-R.

Per queste stalle si devono definire le mandrie di progetto, che devono riferirsi alle dimensioni riscontrate negli allevamenti del campione.

Si fissano 2 mandrie di progetto:

- M) con capienza di 130 vacche da latte, di poco superiore alla media di 120 vacche del campione, che quindi è rappresentativa delle aziende di dimensioni medie;
- G) con capienza di 200 vacche, che rappresenta le aziende di grandi dimensioni.

La mandria viene suddivisa in 3 gruppi:

- gruppo vacche fresche (lattazione),
- gruppo vacche medie e stanche (lattazione),
- gruppo vacche asciutte.

Mediante apposito programma di calcolo messo a punto da CRPA si procede al dimensionamento analitico delle due mandrie di progetto, con solo riferimento alla componente vacche, partendo dalle seguenti assunzioni relative ai principali parametri riproduttivi e produttivi:

- interparto medio d'allevamento (IMA) = 400 d
- media parti/vacca per carriera = 3,5
- durata media fase asciutta = 60 d
- durata fase vacche fresche = 95 d
- produzione unitaria media di picco = 40 kg/d vacca
- mortalità vacche = 4%.

Con questi dati di base il programma restituisce i seguenti altri parametri:

- quota di rimonta = 26%
- numero medio parti/anno per vacca = 0,91
- durata media lattazioni (esclusa l'ultima) = 333 d
- durata media ultima lattazione = 190 d
- durata totale periodo di produzione per vacca = 1.197 d
- durata totale periodo di lattazione per vacca (giornilatte) = 1.023 d
- durata totale periodo di asciutta per vacca = 150 d
- durata totale fase colostro per vacca = 25 d
- produzione totale per vacca nella carriera = 30.358 kg
- produzione unitaria annua = 9.263 kg/vacca.

Il numero di posti da prevedersi è di seguito indicato, distintamente per le due mandrie:

Gruppo	Mandria M	Mandria G
Vacche fresche (box 1)	32	66
Vacche medie e stanche (box 2)	78	104
Vacche asciutte (box 3)	20	30
Totale	130	200

La numerazione dei box fa sempre riferimento alla tabella precedente e non alla collocazione dei box nella stalla.

Nella progettazione delle stalle possono esserci piccole differenze nel dimensionamento dei gruppi, sulla base dei *layout* previsti e degli spazi disponibili.

Le 4 stalle in progetto sono divise in 2 gruppi: 2 schemi per la mandria M e altri 2 schemi per la mandria G. Ovviamente, non vengono considerati i posti stalla necessari per le altre categorie bovine (vitelle, manzette e manze).

Come si è visto al paragrafo 1.2.1, i 4/5 delle stalle censite sono a cuccette, mentre le stalle a lettiera permanente rappresentano appena il 13% delle strutture del campione; alla luce di ciò, si ipotizzano 3 modelli di stalla a cuccette e 1 modello di stalla a lettiera.

Si assume l'alimentazione a piatto unico (*unifeed*), con presenza dell'alimento in mangiatoia per almeno 18 h/d (alimentazione continua).

Per esigenze di confrontabilità, si assume una definita tipologia di capannone, con struttura d'acciaio zincato a pilastri e travi IPE, mantenendo inalterate le caratteristiche di base, ma variandone le dimensioni e le luci in accordo con gli schemi progettuali proposti.

Il dimensionamento delle strutture portanti e delle fondazioni non è fatto in modo analitico, ma in modo semplificato e parametrico, considerando un elevato numero di progetti esecutivi disponibili presso CRPA.

Nei progetti allestiti vengono anche dimensionate le strutture esterne per lo stoccaggio degli effluenti zootecnici, compresi i reflui della zona di mungitura, in base ai parametri indicati dal *Regolamento n.3/2017* della Regione Emilia-Romagna in materia di utilizzazione agronomica degli effluenti d'allevamento; ovviamente, questo approccio può essere considerato non del tutto corretto, perché stalle esistenti possono essere state progettate con riferimento a normative diverse non più in vigore, ma lo si ritiene l'unico possibile per eliminare variabili poco pertinenti e che potrebbero ingenerare confusione o scarsa confrontabilità dei dati.

Il dimensionamento è fatto con riferimento ai minimi di legge, che corrispondono alla produzione di

liquame per 120 d e alla produzione di letame per 90 d, utilizzando i valori unitari della tabella 1 dell'Allegato I del Regolamento citato. Per i reflui di mungitura, con riferimento ai valori riportati nella tabella 4 dello stesso allegato prima citato, si considerano i seguenti 2 valori unitari: 9,1 m³/anno per vacca in lattazione per la mandria M; 8,4 m³/anno per vacca in lattazione per la mandria G.

La stima della raccolta di acqua piovana nelle opere di stoccaggio degli effluenti (concimaia e vasche) è fatta con riferimento al valore unitario di 0,05 m³/m² mese, equivalente a una piovosità media di 50 mm/mese, al netto dell'evaporazione.

I progetti non prevedono, invece, tutte le altre strutture che di norma completano l'insediamento di un allevamento bovino da latte, quali zona di mungitura, stalle per bovini da rimonta e vitelli, strutture di servizio ecc.

Gli schemi di progetto sono stati realizzati con l'ausilio del programma *Autocad MAP 3D 2015*, già in dotazione ai tecnici ricercatori di CRPA. Tutti i progetti delle stalle in formato *pdf*, completi di pianta e di sezioni tipo, sono riportati nell'*Allegato 2–Archivio Tavole*.

Modello ST1

Il primo modello è una stalla a lettiera permanente con zona di alimentazione distinta, con capienza di 130 vacche (*Tavola I*); le due aree sono collegate da passaggi dotati di cancelli, per permettere l'isolamento delle bovine in zona di alimentazione durante le operazioni di gestione della lettiera (aggiunta di paglia, rimozione della lettiera esausta).

Il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una superficie unitaria in zona di riposo di circa 7 m²/vacca, che ha rappresentato uno standard fino agli anni '90 per questo tipo di stabulazione.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di 0,72 m/vacca, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante. In ogni box il numero di posti è uguale alla capienza di progetto (32+78+20=130).

La corsia di foraggiamento è posta all'esterno della pilastrata Sud ed è coperta dallo sporto del tetto, che su questo lato esce di 3,6 m rispetto al filo esterno dei pilastri. Sul lato opposto, invece, lo sporto del tetto è di 1,5 m.

Gli abbeveratoi sono del tipo a vasca ribaltabile (per la pulizia), collocati sul muretto di separazione fra alimentazione e riposo e con accesso dalla corsia di alimentazione; lo sviluppo unitario di abbeveratoio è il seguente: 81 mm/capo nel box 1, 67 mm/capo nel box 2 e 130 mm/capo in asciutta.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 93,6 m e una larghezza (interno pilastri) di 13,8 m; la superficie utile coperta è pari a 1.650 m², di cui circa 915 m² in zona di riposo e circa 379 m² in zona di alimentazione. Nella *tabella 1.4* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; per la zona di riposo abbiamo 7,04 m²/capo.

Il pavimento della zona di alimentazione è del tipo pieno in calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella pre-vasca posta all'esterno della testata Ovest.

Il pavimento della zona di riposo è posto 0,21 m più in basso rispetto a quello della zona di alimentazione; considerando la presenza di cordoli sui due lati lunghi della zona di riposo e di scivoli sulle due testate, la lettiera può essere accumulata fino a un'altezza massima di 0,5 m.

La produzione annuale di effluenti in base alla normativa attualmente in vigore è la seguente:

- letame = 3.510 m³
- liquame = 1.139 m³
- reflui mungitura = 1.001 m³

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 866 m³
- liquame per 120 d = 375 m³
- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è pari a 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 100 \times 9,1 = 455 \text{ m}^3$. Questo volume può essere sottratto al totale da stoccare per ottenere il volume di letame da accumulare in concimaia esterna: $866 - 455 = 411 \text{ m}^3$.

La superficie utile interna della concimaia è pari a: $411 / 2 = 206 \text{ m}^2$.

L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $206 \times 0,05 \times 4 = 42 \text{ m}^3$.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $375 + 330 + 42 = 747 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **865 m³** (dimensioni di 9,3 m x 9,3 m x 5 m x 2) per un volume utile di 751 m³.

La pre-vasca interrata posta alla fine della corsia di alimentazione è dimensionata sulla produzione di effluenti non palabili di 4 d: $746 / 120 \times 4 = 24,9 \text{ m}^3$. Si fissa un livello massimo del liquame nel pozzetto a -1,5 m dal piano di campagna; la pre-vasca, a pianta rettangolare, ha un volume totale di 46,2 m³ (dimensioni di 4,4 m x 3 m x 3,5 m) e un volume utile di 25,1 m³.

Modello ST2

Questo modello è la prima delle 3 stalle con zona di riposo a cuccette e ha capienza di 131 vacche;

in particolare, si tratta della tipologia con cuccette su 2 file groppa-groppa (*Tavola 2*), che rappresenta un classico dell'edilizia zootecnica a partire dagli anni '70, proposta in numerose varianti e modificata nel tempo per quanto concerne il dimensionamento di cuccette e corsie.

Nello schema progettuale proposto sono stati adottati criteri dimensionali aggiornati, prevedendo cuccette del tipo a buca da utilizzarsi con lettiera di paglia e corsie di smistamento e di alimentazione pulite con raschiatori meccanici.

Zona di riposo e zona di alimentazione sono collegate da passaggi trasversali che si inseriscono sulla prima fila di cuccette e che si posizionano agli estremi di ogni box (oltreché in posizione intermedia, se il numero di cuccette sulla fila supera le 16-20), per permettere una buona circolazione degli animali e l'eliminazione dei "cul-de-sac".

Il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una lunghezza totale della cuccetta di 2,65 m e di un interasse battifianchi di 1,3 m; la corsia di smistamento della zona di riposo è larga 3 m.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di 0,72 m/vacca, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante; nei box 1 e 3 il numero di posti è uguale alla capienza di progetto (rispettivamente 32 e 20), mentre nel box 2 i posti alla rastrelliera sono uno in meno dei posti in cuccetta, per il fatto che, sulla base degli spazi disponibili, è stata inserita una cuccetta in più rispetto al dimensionamento di progetto (79 vs 78).

La corsia di foraggiamento è posta all'esterno della pilastrata Sud ed è coperta dallo sporto del tetto, che su questo lato esce di 3,6 m rispetto al filo esterno dei pilastri. Sul lato opposto, invece, lo sporto del tetto è di 1,5 m.

Gli abbeveratoi sono del tipo a vasca ribaltabile, collocati sul muretto di separazione fra alimentazione e riposo e con accesso dalla corsia di alimentazione; lo sviluppo unitario di abbeveratoio è il seguente: 81 mm/capo nel box 1, 67 mm/capo nel box 2 e 130 mm/capo in asciutta.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 93,6 m e una larghezza (interno pilastri) di 12,2 m. La superficie utile coperta è pari a 1.510 m², di cui circa 775 m² in zona di riposo e circa 379 m² in zona di alimentazione. Nella *tabella 1.4* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; per la zona di riposo abbiamo 5,91 m²/vacca.

Il pavimento della zona di alimentazione e della corsia di smistamento è del tipo pieno in calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella cunetta trasversale posta all'esterno della testata Ovest.

Dalla cunetta, tramite impianto a idrogetto (ricircolo liquame), il materiale viene trasferito alla prevasca interrata posta nell'angolo Nordovest, dotata di pompa trituratrice sommersa e di miscelatore.

La pompa trasferisce il liquame al separatore meccanico posto sopra alla concimaia; inoltre, con

apposita valvola a 2 vie, la stessa pompa può eseguire il lavaggio della cunetta (idrogetto). E' anche possibile il carico diretto del liquame dal pozzetto alla prima vasca, bypassando il separatore.

La produzione annuale di effluenti in base alla normativa attualmente in vigore è la seguente:

- letame = 1.482 m³
- liquame = 1.560 m³
- reflui mungitura = 1.001 m³

Ma la gestione in miscela di tutti gli effluenti e la presenza del separatore solido/liquido modificano tali quantità, come di seguito descritto.

Si prevede l'installazione di un separatore per liquami del tipo a compressione elicoidale o a vite-pressa, con capacità di lavoro stimata in 8 m³/h di liquame trattato. La frazione solida separata viene valutata in 250 kg per 1 m³ di liquame trattato e presenta una sostanza secca (s.s.) del 30% circa.

Si sottopongono a trattamento di separazione tutti gli effluenti, che insieme vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a 4.043 m³/anno, per una produzione media giornaliera di 11,08 m³.

Il trattamento porta alla produzione di 1.010.750 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 770 kg/m³. La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **1.313 m³**.

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, 4.043 m³/anno corrispondono a 3.746.600 kg/anno di effluenti (peso di volume medio della miscela di 927 kg/m³), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono 2.735.650 kg/anno di liquame, pari a circa **2.736 m³/anno** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m³). La produzione giornaliera di liquame chiarificato è quindi pari a circa 7,5 m³.

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- solido separato per 90 d = 324 m³
- liquido separato per 120 d = 900 m³

La superficie utile interna della concimaia è pari a: $324 / 2 = 162 \text{ m}^2$.

L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $162 \times 0,05 \times 4 = 33 \text{ m}^3$.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $900 + 33 = 933 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua piovana della stessa vasca, ammonta a **1.082 m³** (dimensioni di 10,4 m x 10,4 m x 5 m x 2), per un volume utile di 939 m³.

La pre-vasca interrata posta alla fine della cunetta esterna è dimensionata sulla produzione di effluenti non palabili di 4 d: $933 / 120 \times 4 = 31,1 \text{ m}^3$. Si fissano un'altezza delle pareti di 3,5 m, una profondità di 3,4 m dal piano di campagna e un livello massimo del liquame nel pozzetto a -1,5 m

dal piano di campagna; la pre-vasca, a pianta quadrata, ha un volume totale di 58,8 m³ (dimensioni di 4,1 m x 4,1 m x 3,5 m) e un volume utile di 31,9 m³.

Modello ST3

La tipologia con cuccette testa-testa è stata per anni l'alternativa della stalla a cuccette groppa-groppa, anche nella versione con corsia della paglia. E' una stalla un po' più complessa da gestire, soprattutto per le due seguenti ragioni:

- le vacche tendono a occupare preferibilmente le cuccette della fila rivolta verso la zona di alimentazione, per ovvi motivi di vicinanza con la mangiatoia;
- la collocazione degli abbeveratoi sui passaggi di collegamento pone problemi di circolazione degli animali, soprattutto nel periodo estivo e in presenza di passaggi stretti, e può esasperare il comportamento di controllo dei punti di abbeverata da parte dei capi dominanti.

Resta il fatto che questo tipo di stalla è abbastanza diffuso, in particolare nel settore Ovest del territorio di produzione del P-R.

Lo schema proposto è una stalla doppia con capienza di 200 vacche, con corsia centrale di foraggiamento (*Tavola 3*). Anche in questo caso si prevedono cuccette del tipo a buca da utilizzarsi con lettiera di paglia e corsie di smistamento e di alimentazione pulite con raschiatori meccanici.

Zona di alimentazione e corsia di smistamento sono collegate da passaggi trasversali che si inseriscono fra le due file accoppiate di cuccette, risultando quindi più lunghi di quelli della stalla groppa-groppa; il posizionamento dei passaggi è agli estremi di ogni box e anche in posizione intermedia nel box di maggiori dimensioni.

Il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una lunghezza totale della coppia di cuccette contrapposte di 5 m e di un interasse battifianchi di 1,3 m; la corsia di smistamento della zona di riposo è larga 2,6 m. Sono presenti 66 cuccette nel box 1, 104 cuccette nel box 2 e 30 cuccette nel box 3.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di 0,72 m/vacca, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante. I posti alla mangiatoia sono 73 nel box 1 (7 in più dei posti in cuccetta), 108 nel box 2 (4 in più dei posti in cuccetta) e 35 nel box 3 (5 in più dei posti in cuccetta).

La corsia di foraggiamento è posta al centro della stalla e serve entrambe le mangiatoie.

Sui lati esterni lo sporto del tetto è di 1,5 m.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 79,2 m e una larghezza (interno pilastri) di 28,5 m. La superficie utile coperta è pari a 2.278 m², di cui circa 1.208 m² in zona di riposo e circa 644 m² in zona di alimentazione. Nella *tabella 1.4* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; la zona di riposo mette a disposizione 6,04 m²/vacca.

Il pavimento delle zone di alimentazione e delle corsie di smistamento è del tipo pieno in

calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella cunetta trasversale posta all'esterno della testata Ovest.

Dalla cunetta, tramite impianto a idrogetto (ricircolo liquame), il materiale viene trasferito alla pre-vasca interrata posta nell'angolo Nordovest, dotata di pompa tritratrice sommersa e di miscelatore.

La pompa trasferisce il liquame al separatore meccanico posto sopra alla concimaia; inoltre, con apposita valvola a 2 vie, la stessa pompa può eseguire il lavaggio della cunetta (idrogetto).

La produzione annuale di effluenti in base alla normativa attualmente in vigore è la seguente:

- letame = 3.156 m³
- liquame = 1.560 m³
- reflui mungitura = 1.428 m³

Ma la gestione in miscela di tutti gli effluenti e la presenza del separatore solido/liquido modificano tali quantità, come di seguito descritto.

Si prevede l'installazione di un separatore per liquami del tipo a compressione elicoidale o a vite-pressa, con capacità di lavoro stimata in 8 m³/h di liquame trattato. La frazione solida separata viene valutata in 250 kg per 1 m³ di liquame trattato e presenta una sostanza secca (s.s.) del 30% circa.

Si sottopongono a trattamento di separazione tutti gli effluenti, che insieme vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a 6.144 m³/anno, per una produzione media giornaliera di 16,8 m³.

Il trattamento porta alla produzione di 1.536.000 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 770 kg/m³. La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **1.995 m³**.

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, 6.144 m³/anno corrispondono a 5.686.380 kg/anno di effluenti (peso di volume medio della miscela di 926 kg/m³), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono 4.150.380 kg/anno di liquame, pari a circa **4.151 m³/anno** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m³). La produzione giornaliera di liquame chiarificato è quindi pari a circa 11,4 m³.

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- solido separato per 90 d = 492 m³
- liquido separato per 120 d = 1.365 m³

La superficie utile interna della concimaia è pari a: $492 / 2 = 246 \text{ m}^2$.

L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $246 \times 0,05 \times 4 = 50 \text{ m}^3$.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $1.365 + 50 = 1.415 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua piovana della stessa vasca, ammonta a **1.638 m³** (dimensioni di 12,8 m x 12,8 m x 5 m x 2), per un volume utile di 1.422 m³.

La pre-vasca interrata posta alla fine della cunetta esterna è dimensionata sulla produzione di effluenti non palabili di 4 d: $1.415 / 120 \times 4 = 47,2 \text{ m}^3$. Si fissano un'altezza della parete di 4 m, una profondità di 3,9 m dal piano di campagna e un livello massimo del liquame nel pozzetto a -1,5 m dal piano di campagna; la pre-vasca, a pianta quadrata, ha un volume totale di 81 m³ (dimensioni di 4,5 m x 4,5 m x 4 m) e un volume utile di 48,6 m³.

Modello ST4

Un'alternativa della soluzione ST3 abbastanza utilizzata è quella qui rappresentata (*Tavola 4*); si tratta sempre di una stalla doppia, ma in questo caso sono presenti 2 corsie di foraggiamento sui lati esterni, mentre le aeree di riposo sono concentrate nella parte centrale della stalla. Risulta un capannone con 2 pilastrate poste in corrispondenza delle due mangiatoie, con abbondanti sporti di copertura.

La disposizione delle cuccette di ogni metà stalla è a 2 file groppa-groppa, ma le due file centrali si accoppiano a loro volta testa-testa, benché ciascuna fila appartenga a box separati; da un punto di vista funzionale, quindi, la soluzione è pienamente del tipo groppa-groppa.

La stalla ha capienza di 200 vacche, con cuccette del tipo a buca da utilizzarsi con lettiera di paglia e corsie di smistamento e di alimentazione pulite con raschiatori meccanici.

Zona di alimentazione e corsia di smistamento sono collegate da passaggi trasversali che si inseriscono nella prima fila di cuccette di ogni lato; il posizionamento dei passaggi è agli estremi di ogni box e anche in posizione intermedia nei box di maggiori dimensioni.

Il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una lunghezza totale della cuccetta delle file esterne di 2,65 m, mentre la lunghezza totale della coppia di cuccette contrapposte centrali è di 5 m; l'interasse dei battifianchi è di 1,3 m e la corsia di smistamento è larga 3 m. Sono presenti 70 cuccette nel box 1, 100 cuccette nel box 2 e 30 cuccette nel box 3.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di 0,72 m/vacca, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante. I posti alla mangiatoia sono in numero uguale al numero di cuccette di ogni box.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 72 m e una larghezza (interno pilastri) di 24,3 m; la superficie utile coperta è pari a 2.343 m², di cui circa 1.207 m² in zona di riposo e circa 586 m² in zona di alimentazione. Nella *tabella 1.4* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; la zona di riposo attribuisce 6,04 m²/capo.

Il pavimento delle zone di alimentazione e delle corsie di smistamento è del tipo pieno in calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella cunetta trasversale posta all'esterno della testata Ovest.

Dalla cunetta, tramite impianto a idrogetto (ricircolo liquame), il materiale viene trasferito alla pre-vasca interrata posta nell'angolo Nordovest, dotata di pompa tritratrice sommersa e di miscelatore.

La pompa trasferisce il liquame al separatore meccanico posto sopra alla concimaia; inoltre, con apposita valvola a 2 vie, la stessa pompa può eseguire il lavaggio della cunetta (idrogetto).

La produzione annuale di effluenti in base alla normativa attualmente in vigore è la seguente:

- letame = 2.280 m³
- liquame = 2.400 m³
- reflui mungitura = 1.428 m³

Ma la gestione in miscela di tutti gli effluenti e la presenza del separatore solido/liquido modificano tali quantità, come di seguito descritto.

Si prevede l'installazione di un separatore per liquami del tipo a compressione elicoidale o a vite-pressa, con capacità di lavoro stimata in 8 m³/h di liquame trattato. La frazione solida separata viene valutata in 250 kg per 1 m³ di liquame trattato e presenta una sostanza secca (s.s.) del 30% circa.

Si sottopongono a trattamento di separazione tutti gli effluenti, che insieme vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a 6.108 m³/anno, per una produzione media giornaliera di 16,7 m³.

Il trattamento porta alla produzione di 1.527.000 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 770 kg/m³. La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **1.983 m³**.

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, 6.108 m³/anno corrispondono a 5.652.000 kg/anno di effluenti (peso di volume medio della miscela di 925 kg/m³), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono 4.125.000 kg/anno di liquame, pari a circa **4.125 m³/anno** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m³). La produzione giornaliera di liquame chiarificato è quindi pari a circa 11,3 m³.

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- solido separato per 90 d = 489 m³
- liquido separato per 120 d = 1.357 m³

Tali valori sono praticamente sovrapponibili a quelli calcolati per lo schema ST3, quindi si adottano le stesse dimensioni delle opere di stoccaggio esposte al paragrafo precedente.

1.2.3. Modelli di stalle compost barn

L'ultima attività della Fase 3 è la definizione di modelli di stalle innovative della tipologia CB, con riferimento alle più interessanti esperienze a livello internazionale e alle soluzioni proposte in Italia, così come descritto precedentemente per la Fase 1.

Si prevede l'allestimento di 4 stalle ristrutturata, a partire dalle 4 tipologie proposte al punto

precedente, e di 3 stalle di nuova costruzione (anziché 2 come da progetto).

Per le stalle nuove si adotta il dimensionamento della mandria da **130** capi già illustrato in precedenza (paragrafo 1.2.2).

Il numero di posti teorico da prevedersi è quindi il seguente:

- gruppo 1, vacche fresche = 32
- gruppo 2, vacche medie e stanche = 78
- gruppo 3, vacche asciutte = 20

Ma la suddivisione dei 2 gruppi di vacche in produzione (fresche e medie-stanche) potrà subire modifiche nell'entità numerica di ciascun gruppo in base alle esigenze progettuali, sia negli schemi di ristrutturazione, sia in quelli di nuove stalle.

Le nuove stalle compost barn fanno riferimento ai seguenti 3 schemi di massima:

- 1) stalla con superficie di lettiera integrale molto ampia, indicativamente 25 m²/capo, senza zona di alimentazione separata e rivoltamento della lettiera poco frequente (1-2 volte a settimana);
- 2) stalla con superficie di lettiera ampia, indicativamente 15 m²/capo, con zona di alimentazione separata e rivoltamento della lettiera frequente (1 volta al giorno);
- 3) stalla con superficie di lettiera più limitata, indicativamente 10 m²/capo, con zona di alimentazione separata e rivoltamento della lettiera molto frequente (2 volte al giorno).

Una variabile ulteriore sarebbe quella relativa alla presenza di un impianto di ventilazione artificiale, con immissione forzata di aria nella massa della lettiera, attraverso tubazioni da collocarsi al disotto del pavimento. Tale sistema dovrebbe favorire l'asciugatura della lettiera e il processo aerobico di compostaggio ed è quindi particolarmente interessante per gli schemi progettuali a superficie di zona di riposo ridotta. Nel presente lavoro, però, non si considera questa soluzione, che peraltro appare alquanto complessa e richiede un'attenta progettazione delle tubazioni sotterranee e la presenza di un pozzetto con pompa, oltre al fatto che i diffusori d'aria sono facilmente soggetti a intasamento.

La ristrutturazione delle stalle esistenti è fatta con ampliamento (aumento di superficie coperta), allo scopo di mantenere inalterata la mandria di origine; la superficie aggiuntiva, quindi, è condizionata dalla tipologia di partenza. Per le ristrutturazioni si assume come modello di riferimento CB il numero 2 indicato in precedenza, ma riducendo la superficie della zona di riposo a circa 13 m²/capo, al fine di rendere meno oneroso l'intervento di ristrutturazione.

Con questi differenti modelli è possibile fare confronti non solo dei costi di costruzione, ma soprattutto dei costi annui di gestione, comprendenti tutti i costi diretti e indiretti che possono essere imputati alla tipologia di stalla specifica e al suo funzionamento.

Modello CBR1

Deriva dalla ristrutturazione del modello ST1, cioè l'unico schema a lettiera fra i 4 proposti.

Il passaggio alla tipologia CB partendo da uno schema a lettiera permanente è abbastanza semplice, in quanto il *layout* di stalla e le aree funzionali sono praticamente gli stessi, benché possano cambiare le densità d'allevamento e quindi le superfici necessarie.

Il dimensionamento di progetto prevede l'attribuzione di una superficie media unitaria in zona di riposo di circa 13 m²/vacca, che è quasi il doppio rispetto a quella attribuita nello schema ST1. Ciò significa che la superficie della zona di riposo deve quasi raddoppiare rispetto allo stato di fatto.

L'ampliamento viene operato sul lato Nord del fabbricato, realizzando una nuova tettoia destinata interamente a zona di riposo a lettiera (*Tavola 5*).

I lavori di ristrutturazione devono consentire l'eliminazione delle strutture in elevazione che costituiscono ostacolo alla libera circolazione degli animali nella zona di riposo.

Per tutte le caratteristiche non modificate (zona di alimentazione, abbeveratoi, allontanamento effluenti ecc.) si faccia riferimento a quanto già illustrato per lo schema ST1.

Nella nuova situazione di progetto il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 93,6 m e una larghezza interna di 22,41 m; la superficie utile coperta è pari a 2.435 m², di cui circa 1.700 m² in zona di riposo e circa 379 m² in zone di alimentazione. In *tabella 1.5* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; per la zona di riposo sono assegnati in media 13,07 m²/vacca.

La produzione annuale di effluenti calcolata in base alla **normativa** attualmente in vigore rimane identica a quanto già calcolato per il modello ST1, perché le tabelle di riferimento non prevedono una tipologia specifica per la CB. Quindi, dal punto di vista normativo, nulla cambia rispetto alla situazione ex-ante.

E' comunque utile, a livello pratico, procedere a una **stima analitica** della produzione di effluenti, utilizzando come procedura di calcolo la stessa già illustrata nel paragrafo 1.1.7, basata su uno specifico programma messo a punto da CRPA.

Per le stalle ristrutturate il modello codificato di riferimento è la stalla con lettiera solo in zona di riposo, con zona di alimentazione separata a pavimento pieno (modello C). I dati esposti di seguito fanno riferimento alle 2 tipologie di vacca ipotizzate:

- vacca in lattazione di 600 kg di peso vivo, 30 kg/d di latte, 20 kg/d di ingestione di s.s., produzione di feci di 40,4 kg/d, produzione di urine di 22,1 kg/d;
- vacca in asciutta di 700 kg di peso vivo, 14 kg/d di ingestione di s.s., produzione di feci di 24 kg/d, produzione di urine di 13,2 kg/d.

Vacca in lattazione

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 3 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni in zona di alimentazione.

Per la definizione del quantitativo medio di segatura utilizzata si segue un procedimento di stima che parte dall'assunto che ogni anno, a novembre, la lettiera esausta sia completamente asportata; si considerano 3 tipologie di consumo di segatura:

- 1) fabbisogno iniziale all'avvio della stalla o dopo il completo svuotamento della zona di riposo. Si assume di costituire uno strato di segatura vergine di 50 cm; dopo calpestamento e deposizione di deiezioni lo spessore si riduce a circa 30 cm;
- 2) fabbisogno invernale, ipotizzando un periodo di 13 settimane; si fissa un consumo di 50 kg/capo per settimana;
- 3) fabbisogno per le rimanenti stagioni dell'anno (39 settimane); si fissa un consumo di 10 kg/capo per mese.

Nella [tabella 1.6](#) vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera, con riferimento a quanto sopra riportato. I volumi utilizzati sono valutati al peso di volume di 150 kg/m³, ma il volume della segatura inglobata nella lettiera è stimato al peso di volume di 300 kg/m³; questi valori derivano da prove svolte dal CRPA su campioni di segatura presso alcune aziende coinvolte nel progetto.

La massa totale di segatura utilizzata all'anno è pari a 1.762 kg/capo, per un volume di segatura vergine di 11,75 m³/capo e un volume effettivo di segatura inglobata nella lettiera di 5,87 m³/capo; quindi, il consumo medio giornaliero ammonta a 4,83 kg/capo. Si assume questo consumo per la stima della produzione di effluenti, considerando un'umidità della segatura vergine del 15%.

Il programma di calcolo restituisce inizialmente le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione; il totale letame ammonta a 25,5 kg/d, di cui 18,7 kg di acqua e 6,8 kg di s.s., per un'umidità media del 73,3%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 54%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 10,8 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 42,5%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca in lattazione pari a 13,63 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 0,79 kg/m², valore da ritenersi più che accettabile. La produzione effettiva di letame è pari a **14,7 kg/d**, con umidità media del 53,8% e massa volumica stimata in 566 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione e zona di mungitura, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **37,1 kg/d**, con una perdita relativa di massa del 17,4%. La massa volumica è stimata in 1.000 kg/m³.

Vacca in asciutta

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 1,5 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni in zona di alimentazione. Il consumo medio di segatura, con riferimento a quello stimato per la vacca in lattazione, viene fissato in proporzione al quantitativo di deiezioni prodotte: 2,87 kg/d, comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento.

Le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione, sono le seguenti: produzione totale di 15,1 kg/d, di cui 11,1 kg di acqua e 4 kg di s.s., per un'umidità media del 73,4%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 54%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 6,4 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 42,3%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca asciutta pari a 10,02 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 0,64 kg/m². La produzione effettiva di letame è pari a **8,7 kg/d**, con umidità media del 53,8% e massa volumica stimata in 566 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **21,8 kg/d**, con una perdita relativa di massa del 17,4%.

Produzione totale di effluenti

Dati i valori unitari sopra indicati, la produzione totale giornaliera di effluenti è di seguito calcolata:

- letame = $(110 \times 14,7) + (20 \times 8,7) = 1.791 \text{ kg}$
- liquame = $(110 \times 37,1) + (20 \times 21,8) = 4.517 \text{ kg}$

La produzione annua totale è la seguente:

- letame = $(1.791 / 566) \times 365 = 1.155 \text{ m}^3$
- liquame = $(4.517 / 1.000) \times 365 = 1.649 \text{ m}^3$

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi, comprensiva dei reflui di mungitura (che rimangono i medesimi della stalla originale), è la seguente:

- letame per 90 d = 285 m³
- liquame per 120 d = 542 m³
- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,55 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.700 = 850 \text{ m}^3$. Questo volume è nettamente superiore al totale da stoccare,

quindi non è necessaria una specifica concimaia esterna, che peraltro già esiste.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $542 + 330 = 872 \text{ m}^3$.

In azienda è già presente una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali, con volume totale di 865 m^3 e volume utile di 751 m^3 . Rispetto al fabbisogno stimato mancano 121 m^3 ; quindi, in queste condizioni di calcolo, servirebbe una nuova vasca, ipotizzata fuori terra e a pianta circolare, da collocarsi sulla concimaia esistente, allo scopo di risparmiare nelle opere di fondazione e di sottofondo. La vasca potrebbe avere diametro interno di 6 m, altezza della parete di 5 m, volume totale di $141,4 \text{ m}^3$ e volume utile di $122,7 \text{ m}^3$.

Nei calcoli dei costi di ristrutturazione e dei costi annui di gestione, che saranno presentati in successivi capitoli, si prevedono 2 differenti ipotesi: senza nuove opere di stoccaggio (condizione di rispetto della norma regionale) e con nuove opere (condizione dei calcoli analitici della produzione di effluenti).

Modello CBR2

Deriva dalla ristrutturazione del modello ST2, primo schema a cuccette.

In questo caso, così come nei successivi, il passaggio alla tipologia CB è decisamente più complesso, perché si parte da una stalla a cuccette totalmente diversa per quanto riguarda la zona di riposo e questo fatto comporta un inevitabile aumento dei costi di ristrutturazione (maggiori costi per demolizioni e disinstallazioni). Inoltre, un ulteriore problema è dato dal fatto che la zona di riposo a cuccette è in genere di minore superficie rispetto a quella a lettiera, a parità di capi ospitati; ciò significa che servirà maggiore superficie di nuova costruzione, quindi maggiori costi.

Il dimensionamento di progetto prevede l'attribuzione di una superficie unitaria in zona di riposo di circa $13 \text{ m}^2/\text{vacca}$, come per CBR1, ma con riferimento a 130 vacche totali (e non a 131 come è per ST2). L'ampliamento viene operato sul lato Nord del fabbricato, realizzando una nuova tettoia destinata interamente a zona di riposo a lettiera (*Tavola 6*).

I lavori di ristrutturazione prevedono la totale eliminazione delle strutture che delimitano le cuccette (sia opere murarie che attrezzature), nonché degli impianti previsti per l'allontanamento degli effluenti in corsia di smistamento. Lo scopo è quello di avere una superficie libera per la circolazione degli animali in zona di riposo.

Per tutte le caratteristiche non modificate (zona di alimentazione, abbeveratoi ecc.) si faccia riferimento a quanto già illustrato per lo schema ST2.

Nella situazione di progetto il capannone di nuova costruzione ha una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) inferiore a quella della struttura esistente, in quanto la presenza della prevasca nell'angolo Nordovest impone l'allontanamento della testata Ovest di almeno una decina di metri.

La stalla ha una superficie utile coperta di 2.423 m^2 , con circa 1.688 m^2 di zona di riposo e circa 379 m^2 di zone di alimentazione. In *tabella 1.5* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di

superficie; per la zona di riposo sono assegnati in media 12,98 m²/vacca, ma per i box 1 e 2 sono in media 13,38 m²/vacca, mentre per il box 3 sono 10,79 m²/vacca.

La produzione annuale di effluenti calcolata in base alla **normativa** regionale deve fare riferimento alla tipologia d'allevamento con lettiera permanente in zona di riposo, non essendo prevista una specifica soluzione a CB. Quindi, la produzione annuale di effluenti è identica a quanto già calcolato per il modello ST1 e per il modello CBR1; ma la differenza sostanziale è il fatto che questa stalla è già dotata di separatore, che quindi porta alla produzione delle due frazioni separate del liquame. Si sottopongono a trattamento di separazione i soli effluenti non palabili derivanti dalla zona di alimentazione e dalla zona di mungitura, che vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a 2.140 m³/anno (1.139+1.001 m³). Il trattamento porta alla produzione di 447.260 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 770 kg/m³. La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **581 m³**.

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, 2.140 m³/anno corrispondono a 2.140.000 kg/anno di effluenti (peso di volume medio della miscela di 1.000 kg/m³), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono 1.669.200 kg/anno di liquame, pari a circa **1.669 m³/anno** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m³).

La produzione annuale di effluenti è quindi la seguente:

- letame e solido separato = 3.510 + 581 = 4.091 m³
- liquido separato = 1.669 m³

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 866 m³
- solido separato per 90 d = 144 m³
- non palabile per 120 d = 549 m³

La tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del letame nella stessa area di riposo; nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,52 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: 0,52 x 1.688 = 877 m³. Tale valore è di poco superiore al fabbisogno minimo di stoccaggio per il letame, quindi non è necessaria superficie di concimaia per il letame.

E' invece necessario lo stoccaggio del solido separato, per una superficie utile interna della concimaia pari a: 144 / 2 = **72 m²**.

La concimaia esistente ha superficie utile di 162 m² e potrebbe essere utilizzata solo in parte, per ridurre l'acqua piovana raccolta dalla platea, ma si dovrebbe provvedere a una delimitazione con cordolo dell'area effettivamente utilizzata. Onde evitare lavori di ristrutturazione, si accetta l'utilizzo della concimaia nella sua interezza, avendo così una capacità di stoccaggio per oltre 200 d. L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: 162 x 0,05 x 4 = 33 m³.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $549 + 33 = 582 \text{ m}^3$.

La vasca liquami presente consente uno stoccaggio massimo di 939 m^3 , idoneo alle necessità dello stato di progetto.

Come per lo schema CBR1, è utile procedere a una **stima analitica** della produzione di effluenti, utilizzando la medesima procedura di calcolo già illustrata in precedenza.

Nella *tabella 1.6* vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera, con riferimento alla medesima procedura di stima utilizzata per il modello CBR1. I valori risultanti sono sostanzialmente sovrapponibili a quelli ottenuti per CBR1, con un consumo finale di segatura di poco più basso ($4,78$ contro $4,83 \text{ kg/capo d}$). Quindi, anche per la produzione annua di effluenti si assumono per CBR2 gli stessi valori di CBR1, ovvero:

- letame = 1.155 m^3
- liquame = 1.649 m^3
- reflui mungitura = 1.001 m^3

Si sottopongono a trattamento di separazione meccanica gli effluenti non palabili derivanti dalla zona di alimentazione e dalla zona di mungitura; essi ammontano a $2.650 \text{ m}^3/\text{anno}$. Il trattamento porta alla produzione di 583.000 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 770 kg/m^3 . La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **757 m^3** .

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, $2.650 \text{ m}^3/\text{anno}$ corrispondono a $2.650.000 \text{ kg/anno}$ di effluenti (peso di volume medio della miscela di 1.000 kg/m^3), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono $2.067.000 \text{ kg/anno}$ di liquame, pari a circa **$2.067 \text{ m}^3/\text{anno}$** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m^3).

La produzione annuale di effluenti dopo separazione è quindi la seguente:

- letame = 1.155 m^3
- solido separato = 757 m^3
- liquido separato = 2.067 m^3

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 285 m^3
- solido separato per 90 d = 187 m^3
- non palabile per 120 d = 680 m^3

La tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del letame nella stessa area di riposo; nel caso specifico l'altezza massima è fissata in $0,5 \text{ m}$, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.688 = 844 \text{ m}^3$. Tale volume è superiore al fabbisogno di stoccaggio, quindi la concimaia esistente non è più necessaria per il letame.

E' invece necessario lo stoccaggio del solido separato, per una superficie utile interna della concimaia pari a: $187 / 2 = 94 \text{ m}^2$.

La concimaia esistente ha superficie utile di 162 m^2 e potrebbe essere utilizzata solo in parte, per ridurre l'acqua piovana raccolta dalla platea, ma si dovrebbe provvedere a una delimitazione con cordolo dell'area effettivamente utilizzata. Onde evitare lavori di ristrutturazione, si accetta l'utilizzo della concimaia nella sua interezza, avendo così una capacità di stoccaggio per circa 155 d. L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $162 \times 0,05 \times 4 = 33 \text{ m}^3$.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $680 + 33 = 713 \text{ m}^3$.

La vasca liquami presente consente uno stoccaggio massimo di 939 m^3 , più che idoneo alle necessità dello stato di progetto.

Modello CBR3

Deriva dalla ristrutturazione del modello ST3.

Anche in questo caso, il passaggio alla tipologia CB è decisamente più complesso, perché la stalla è a cuccette.

Per questa stalla si parte però da un presupposto diverso: si destina l'intera area coperta della stalla a zona di riposo e si realizzano 2 nuove aree laterali destinate a zona di alimentazione. Ciò comporta il fatto che il dimensionamento di progetto non potrà attribuire una superficie media unitaria in zona di riposo di $13 \text{ m}^2/\text{vacca}$, come ipotizzato per CBR2 e CBR1, ma una superficie inferiore, come si vedrà in seguito.

L'ampliamento, come detto, viene operato sui lati Nord e Sud del fabbricato, realizzando nuove tettoie in contropendenza rispetto al tetto della stalla, interamente dedicate alla zona di alimentazione sul lato interno e alla corsia di foraggiamento sul lato esterno (*Tavola 7*).

I lavori di ristrutturazione prevedono la totale eliminazione delle strutture relative a cuccette e mangiatoie (sia opere murarie che attrezzature), nonché degli abbeveratoi e degli impianti previsti per l'allontanamento degli effluenti in corsia di smistamento e in zona di alimentazione. E' anche necessario demolire l'intero pavimento della corsia di foraggiamento e ricostruirlo a un livello più basso, allo scopo di avere una superficie libera e allo stesso livello per la circolazione degli animali in zona di riposo. Si capisce bene come i lavori di ristrutturazione siano decisamente più impegnativi rispetto a quanto illustrato per le stalle precedenti.

Nella nuova situazione di progetto la stalla ha una superficie utile coperta di 3.431 m^2 , con circa 2.250 m^2 di zona di riposo e circa 702 m^2 di zone di alimentazione. Nella zona di riposo, per 200 vacche presenti, viene assegnata una superficie unitaria di $11,25 \text{ m}^2/\text{capo}$; per i box 1 e 2 sono $11,77 \text{ m}^2/\text{capo}$, mentre per il box 3 delle asciutte sono solo $8,28 \text{ m}^2/\text{capo}$. In *tabella 1.5* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie.

La produzione annuale di effluenti calcolata in base alla **normativa** regionale deve fare riferimento alla tipologia d'allevamento con lettiera permanente in zona di riposo, non essendo prevista una specifica soluzione a CB.

La produzione annuale di effluenti è la seguente:

- letame = 5.400 m³
- liquame = 1.752 m³
- reflui mungitura = 1.428 m³

La stalla originale è già dotata di separatore, che si utilizza anche nella situazione di progetto; quindi, la produzione delle due frazioni separate del liquame deve essere calcolata. Si sottopongono a trattamento di separazione i soli effluenti non palabili derivanti dalle zone di alimentazione e dalla zona di mungitura, che vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a 3.180 m³/anno (1.752+1.428 m³). Il trattamento porta alla produzione di 699.600 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 800 kg/m³. La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **875 m³**.

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, 3.180 m³/anno corrispondono a 3.180.000 kg/anno di effluenti (peso di volume medio della miscela di 1.000 kg/m³), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono 2.480.400 kg/anno di liquame, pari a circa **2.480 m³/anno** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m³).

La produzione annuale di effluenti è quindi la seguente:

- letame e solido separato = 5.400 + 875 = 6.275 m³
- liquido separato = 2.480 m³

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 1.332 m³
- solido separato per 90 d = 216 m³
- non palabile per 120 d = 815 m³

La tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del letame nella stessa area di riposo; nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,52 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: 0,52 x 2.257 = 1.174 m³. Tale valore è inferiore al fabbisogno minimo di stoccaggio per il letame, quindi è necessaria superficie di concimaia per il letame e per lo stoccaggio del solido separato. La superficie utile interna deve essere pari a:

$$((1.332 - 1.174) + 216) / 2 = \mathbf{187 \text{ m}^2}.$$

La concimaia esistente ha superficie utile di 246 m² e capacità di stoccaggio per 118 d. L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata:

$$246 \times 0,05 \times 4 = 49,2 \text{ m}^3.$$

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $815 + 49,2 = 865 \text{ m}^3$.

La vasca liquami presente consente uno stoccaggio massimo di 1.422 m^3 , più che idoneo alle necessità dello stato di progetto.

La **stima analitica** si sviluppa con la medesima procedura di calcolo già illustrata.

Nella *tabella 1.6* vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera, con riferimento alla medesima procedura di stima utilizzata per il modello CBR1. I valori risultanti non si discostano molto da quelli ottenuti per CBR1, con un consumo finale di segatura un po' più basso (4,45 contro 4,83 kg/capo d), ma che non giustifica il rifacimento dei calcoli della produzione di effluenti. Quindi, si assumono per CBR3 gli stessi valori unitari utilizzati per CBR1; la produzione totale giornaliera di effluenti è di seguito calcolata:

- letame = $(170 \times 14,7) + (30 \times 8,7) = 2.760 \text{ kg}$
- liquame = $(170 \times 37,1) + (30 \times 21,8) = 6.961 \text{ kg}$

La produzione annua totale è la seguente:

- letame = $(2.760 / 566) \times 365 = 1.780 \text{ m}^3$
- liquame = $(6.961 / 1.000) \times 365 = 2.541 \text{ m}^3$
- reflui mungitura = 1.428 m^3

La stalla è dotata di separatore, quindi la produzione delle due frazioni separate del liquame deve essere calcolata. Si sottopongono a trattamento di separazione i soli effluenti non palabili derivanti dalle zone di alimentazione e dalla zona di mungitura, che vengono recapitati nella pre-vasca; essi ammontano a $3.969 \text{ m}^3/\text{anno}$ ($2.541 + 1.428 \text{ m}^3$). Il trattamento porta alla produzione di 873.180 kg di solido separato, con un peso di volume di circa 800 kg/m^3 . La produzione potenziale annua di solido separato risulta quindi pari a circa **1.092 m^3** .

Il trattamento di separazione porta anche alla diminuzione della quantità di liquame prodotta annualmente; infatti, $3.969 \text{ m}^3/\text{anno}$ corrispondono a $3.969.000 \text{ kg}/\text{anno}$ di effluenti (peso di volume medio della miscela di 1.000 kg/m^3), da cui, sottraendo il solido separato, rimangono $3.095.820 \text{ kg}/\text{anno}$ di liquame, pari a circa **$3.096 \text{ m}^3/\text{anno}$** (peso di volume della frazione liquida di circa 1.000 kg/m^3).

La produzione annuale di effluenti è quindi la seguente:

- letame = 1.780 m^3
- solido separato = 1.092 m^3
- liquido separato = 3.096 m^3

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 439 m³
- solido separato per 90 d = 270 m³
- non palabile per 120 d = 1.018 m³

Per il letame si considera l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo, per un'altezza media della lettiera di 0,52 m e per un volume massimo accumulabile in stalla di 1.174 m³, in modo analogo a quanto illustrato nel calcolo in base alla normativa. Tale valore è nettamente superiore al fabbisogno minimo di stoccaggio per il letame, quindi non è necessaria superficie di concimaia per il letame.

Per il solido separato è necessaria una superficie di concimaia pari ad almeno: $270 / 2 = 135$ m².

La concimaia esistente ha superficie utile di 246 m² e capacità di stoccaggio per 164 d. L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $246 \times 0,05 \times 4 = 49,2$ m³.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $1.018 + 49,2 = 1.068$ m³.

La vasca liquami presente consente uno stoccaggio massimo di 1.422 m³, più che idoneo alle necessità dello stato di progetto.

In conclusione, entrambe le metodologie di calcolo portano a una situazione nella quale non è necessario prevedere strutture aggiuntive per lo stoccaggio degli effluenti.

Modello CBR4

Deriva dalla ristrutturazione del modello ST4.

Come per ST2 e ST3, il passaggio alla tipologia CB è piuttosto complesso, perché si parte da una stalla a cuccette. L'ampliamento di progetto è analogo a quello adottato per ST3, ma in questo caso non c'è corsia di foraggiamento centrale, ma 2 corsie laterali, quindi l'intera superficie coperta originale deve essere sfruttata per realizzare la zona di riposo.

L'ampliamento viene operato sui lati Nord e Sud del fabbricato, realizzando nuove tettoie in contropendenza rispetto al tetto della stalla, ma che nell'ultimo tratto sopra alla corsia di foraggiamento cambiano ancora inclinazione (pendenza negativa verso l'esterno), per una migliore protezione della mangiatoia (*Tavola 8*). Come per CBR3, le tettoie sono interamente dedicate alla zona di alimentazione sul lato interno e alla corsia di foraggiamento sul lato esterno, ma in questo caso la struttura portante è a 2 pilastrate, a motivo della maggiore larghezza necessaria.

I lavori di ristrutturazione prevedono la totale eliminazione delle strutture relative a cuccette e mangiatoie (sia opere murarie che attrezzature), nonché degli abbeveratoi e degli impianti previsti per l'allontanamento degli effluenti in corsia di smistamento e in zona di alimentazione. E' anche necessario demolire l'intero pavimento delle 2 corsie di foraggiamento e ricostruirlo a un livello più basso, allo scopo di avere una superficie libera e allo stesso livello per la circolazione degli animali in zona di riposo. I lavori di ristrutturazione sono quindi decisamente impegnativi e onerosi.

Nella nuova situazione di progetto la stalla ha una superficie utile coperta di 3.691 m², con circa 2.563 m² di zona di riposo e circa 587 m² di zone di alimentazione. Nella zona di riposo, per 200 vacche presenti, viene assegnata una superficie unitaria media di 12,82 m²/capo, che nei box 1 e 2 è in media di 13,33 m²/capo, mentre nel box 3 è 9,9 m²/capo. In [tabella 1.5](#) sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie.

Per quanto riguarda la verifica della produzione annuale di effluenti in base alla normativa regionale e in base ai calcoli analitici, nulla cambia rispetto allo schema CBR3, essendo entrambe le stalle destinate a ospitare 200 vacche su una superficie a lettiera analoga e avendo le due stalle originali (ST3 e ST4) strutture di stoccaggio identiche.

Modello CBN1

Il primo schema di stalla nuova a CB è caratterizzato dall'ampia superficie a lettiera destinata alle bovine. Altro elemento distintivo è la totale assenza di una zona di alimentazione separata, priva di lettiera e organizzata in forma di corsia con sviluppo nel senso della lunghezza del capannone, come invece era stato per tutti i precedenti schemi illustrati.

In sostanza, si tratta di una stalla completamente a lettiera, nella quale zona di riposo, zona di alimentazione e aree per il movimento e la socializzazione si ritrovano mescolate sulla stessa estensione complessiva dei box ([Tavola 9](#)).

La distribuzione dell'alimento prevede l'impiego di strutture metalliche mobili a pianta rettangolare dotate di rastrelliere (del tipo di quelle usate nei pascoli), all'interno delle quali viene caricato il foraggio mediante mezzi meccanici; l'operazione richiede l'ingresso del mezzo all'interno delle aree di stabulazione. Le aree di alimentazione devono essere regolarmente spostate all'interno dei box, onde evitare l'eccessivo sovraccarico di deiezioni nelle zone limitrofe.

Il capannone a 2 campate e a 3 pilastrate presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di 100,8 m e una larghezza interna di 35,95 m; la superficie utile coperta è pari a 3.588 m², tutti destinati all'area a lettiera, che comprende anche le sotto-aree di alimentazione in corrispondenza di ogni struttura mobile destinata alla somministrazione dell'alimento. In [tabella 1.7](#) sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; la superficie totale a lettiera è di 27,6 m²/vacca, ma nei box 1 (48 capi) e 2 (62 capi) abbiamo 28,88 m²/vacca, mentre nel box 3 (20 capi) abbiamo 20,6 m²/vacca. La superficie a lettiera effettivamente disponibile per gli animali è mediamente di 27,23 m²/vacca. L'effettiva area di riposo, al netto delle sotto-aree di alimentazione, è pari a 25,24 m²/vacca per i box 1 e 2 e a 17,8 m²/vacca per il box 3 (in media 24,16 m²/vacca).

Il calcolo della produzione annuale di effluenti viene fatto in base alla **procedura analitica** già illustrata e con riferimento alle stesse vacche ipotizzate (vacca in lattazione di 600 kg di peso vivo che produce 30 kg/d di latte e vacca in asciutta di 700 kg di peso vivo), perché questa tipologia di stalla è totalmente differente dalla lettiera permanente codificata nella tabella regionale e soprattutto non c'è produzione di liquame in aree separate dalla lettiera.

Vacca in lattazione

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 1 kg/capo d, ridotto rispetto a quanto ipotizzato in precedenza, perché il collocamento degli abbeveratoi è all'esterno della zona di stabulazione e quindi è meno probabile che l'acqua cada nella zona a lettiera; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni.

Per la definizione del quantitativo medio di segatura utilizzata si assume che ogni anno, a novembre, la lettiera esausta sia completamente asportata; si considerano 2 tipologie di consumo di segatura:

1. fabbisogno iniziale all'avvio della stalla o dopo il completo svuotamento della zona di riposo. Si assume di costituire uno strato di segatura vergine di 50 cm; dopo calpestamento e deposizione di deiezioni lo spessore si riduce a circa 30 cm;
2. fabbisogno invernale, ipotizzando un periodo di 13 settimane; si fissa un consumo di 20 kg/capo per settimana.

Non si prevedono ulteriori aggiunte di materiale da lettiera nelle restanti stagioni dell'anno.

Nella [tabella 1.8](#) vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera. I volumi utilizzati, come già detto in precedenza, sono valutati al peso di volume di 150 kg/m³, ma il volume della segatura inglobata nella lettiera è stimato al peso di volume di 300 kg/m³.

La massa totale di segatura utilizzata all'anno è pari a 2.420 kg/capo, per un volume di segatura vergine di 16,13 m³/capo e un volume effettivo di segatura inglobata nella lettiera di 8,07 m³/capo; quindi, il consumo medio giornaliero ammonta a 6,63 kg/capo. Si assume questo consumo per la stima della produzione di effluenti, considerando un'umidità della segatura vergine del 15%.

Il programma di calcolo restituisce inizialmente le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione; il totale letame ammonta a 70,1 kg/d, di cui 56,2 kg di acqua e 13,9 kg di s.s., per un'umidità media del 80,2%. Con un'evaporazione netta di acqua del 65% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 60%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 35,9 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 51,2%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca pari a 28,8 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 1,25 kg/m², valore da ritenersi credibile. La produzione effettiva di letame è pari a **34,2** kg/d, con umidità media del 59,4% e massa volumica stimata in 689 kg/m³.

Vacca in asciutta

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 0,5 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni. Il consumo medio di segatura, con riferimento a quello stimato per la vacca in lattazione, viene fissato in proporzione al quantitativo di deiezioni prodotte: 3,95 kg/d,

comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento.

Le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione, sono le seguenti: produzione totale di 41,7 kg/d, di cui 33,4 kg di acqua e 8,3 kg di s.s., per un'umidità media del 80,2%. Con un'evaporazione netta di acqua del 65% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 60%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 21,3 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 51,2%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca pari a 20,6 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 1,03 kg/m². La produzione effettiva di letame è pari a **20,3 kg/d**, con umidità media del 59,4% e massa volumica stimata in 688 kg/m³.

Produzione totale di effluenti

Dati i valori unitari sopra indicati, la produzione totale giornaliera di effluenti è di seguito calcolata:

- letame = $(110 \times 34,2) + (20 \times 20,3) = 4.168 \text{ kg}$

La produzione annua totale è la seguente:

- letame = $(4.168 / 689) \times 365 = 2.208 \text{ m}^3$

La produzione annua di reflui di mungitura è la seguente:

- reflui mungitura = $110 \times 9,1 = 1.001 \text{ m}^3$

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 545 m^3
- reflui mungitura per 120 d = 330 m^3

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 3.588 = 1.794 \text{ m}^3$. Questo volume è nettamente superiore al totale da stoccare, quindi non è necessaria una specifica concimaia esterna.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a 330 m^3 .

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **385 m³**, per un volume utile di 333 m^3 .

Per il caricamento dei reflui di mungitura nelle vasche di stoccaggio si prevede una pre-vasca interrata e coperta posta nei pressi delle vasche di stoccaggio; benché la zona di mungitura non venga progettata, si prevede comunque il progetto della pre-vasca, per uniformità con tutti gli altri schemi predisposti. La pre-vasca è dimensionata sulla produzione di effluenti non palabili di 4 d:

$330 / 120 \times 4 = 11 \text{ m}^3$. Si fissa un livello massimo del liquame nel pozzetto a $-1,3 \text{ m}$ dal piano di campagna e un'altezza della parete (compreso solaio di copertura carrabile) di $3,5 \text{ m}$; la pre-vasca, a pianta rettangolare, ha un volume totale di $20,6 \text{ m}^3$ e un volume utile di $13,8 \text{ m}^3$.

Modello CBN2

Il secondo modello di stalla CB (*Tavola 10*) è più simile a una stalla a lettiera permanente tradizionale, ma con superficie della zona di riposo molto maggiore. La zona di alimentazione è nettamente distinta e le due aree sono collegate da passaggi dotati di cancelli, per permettere l'isolamento delle bovine in zona di alimentazione durante le operazioni di gestione della lettiera (lavorazione, aggiunta di lettime e rimozione della lettiera esausta).

La capienza massima è di 130 vacche; il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una superficie unitaria media in zona di riposo di circa $14 \text{ m}^2/\text{vacca}$.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di $0,72 \text{ m}/\text{vacca}$, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante. In ogni box il numero di posti è maggiore o uguale alla capienza di progetto ($34+80+20=134$).

La corsia di foraggiamento è posta all'esterno della pilastrata Sud ed è coperta dallo sporto del tetto, che su questo lato esce di $3,6 \text{ m}$ rispetto al filo esterno dei pilastri. Sul lato opposto, invece, lo sporto del tetto è di $1,5 \text{ m}$.

Gli abbeveratoi sono del tipo a vasca ribaltabile (per la pulizia), collocati sul muretto di separazione fra alimentazione e riposo e con accesso dalla corsia di alimentazione; lo sviluppo unitario di abbeveratoio è il seguente: $92 \text{ mm}/\text{capo}$ nel box 1, $63 \text{ mm}/\text{capo}$ nel box 2 e $98 \text{ mm}/\text{capo}$ in asciutta.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di $100,8 \text{ m}$ e una larghezza di $22,35 \text{ m}$, per una superficie di 2.253 m^2 ; la superficie utile coperta è di 2.605 m^2 , di cui circa 1.831 m^2 in zona di riposo e circa 408 m^2 in zona di alimentazione. In *tabella 1.7* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; per la zona di riposo a lettiera vengono assegnati in media $14,1 \text{ m}^2/\text{vacca}$, con $14,7 \text{ m}^2/\text{vacca}$ per i box 1 (32 capi) e 2 (78 capi) e con $10,65 \text{ m}^2/\text{vacca}$ per il box 3 (20 capi).

Il pavimento della zona di alimentazione è del tipo pieno in calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella pre-vasca posta all'esterno della testata Ovest.

Il pavimento della zona di riposo è posto $0,14 \text{ m}$ più in basso rispetto a quello della zona di alimentazione; considerando la presenza di cordoli sui due lati lunghi della zona di riposo e di scivoli sulle due testate, la lettiera può essere accumulata fino a un'altezza massima di $0,5 \text{ m}$.

L'intera piattaforma della stalla è posta in leggera pendenza longitudinale ($0,4\%$) a scendere verso la testata Ovest.

La produzione annuale di effluenti calcolata in base alla normativa attualmente in vigore è identica

a quanto già calcolato per il modello ST1, perché le tabelle di riferimento non prevedono una tipologia specifica per la CB.

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 866 m³
- liquame per 120 d = 375 m³
- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è pari a 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.831 = 915 \text{ m}^3$. Questo volume è superiore al totale da stoccare, quindi non è necessaria una specifica concimaia esterna.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $375 + 330 = 705 \text{ m}^3$.

La pre-vasca interrata e coperta posta alla fine della corsia di alimentazione deve avere un volume totale pari almeno alla produzione di effluenti non palabili di 30 d, come da disposizioni della normativa attuale: $705 / 120 \times 30 = 176,3 \text{ m}^3$. Si fissa un livello massimo del liquame nella pre-vasca a -1,2 m dal piano di campagna; la pre-vasca, a pianta circolare, ha un volume totale di 176,7 m³ e un volume utile di 119,3 m³. In realtà, la pre-vasca ha un volume maggiore, perché la parete si eleva per ulteriori 80 cm allo scopo di costituire il parapetto anticaduta, ma questo ulteriore volume non viene considerato volume di contenimento. Inoltre, non si considera la copertura, che sarebbe obbligatoria, per non inserire una variabile che renderebbe meno corretto il confronto con le soluzioni convenzionali.

Il volume utile deve essere sottratto a quello totale necessario per ottenere il volume utile delle vasche di stoccaggio: $705 - 119,3 = 585,7 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **680 m³**, per un volume utile di 590 m³.

Anche in questo caso è utile svolgere una **stima analitica** della produzione di effluenti.

A differenza dello schema CBN1, in questo caso il modello codificato di riferimento è la stalla con lettiera solo in zona di riposo, con zona di alimentazione separata a pavimento pieno (modello C).

Le caratteristiche delle vacche in lattazione e di quelle asciutte non cambiano rispetto a quanto illustrato per lo schema CBR1.

Vacca in lattazione

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 3 kg/capo d, che deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni.

Per la definizione del quantitativo medio di segatura utilizzata si segue il procedimento di stima già illustrato, che prevede che ogni anno la lettiera esausta sia completamente asportata; si considerano 3 tipologie di consumo di segatura:

1. fabbisogno iniziale all'avvio della stalla o dopo il completo svuotamento della zona di riposo. Si assume di costituire uno strato di segatura vergine di 50 cm; dopo calpestamento e deposizione di deiezioni lo spessore si riduce a circa 30 cm;
2. fabbisogno invernale, ipotizzando un periodo di 13 settimane; si fissa un consumo di 50 kg/capo per settimana;
3. fabbisogno per le rimanenti stagioni dell'anno (39 settimane); si fissa un consumo di 10 kg/capo per mese.

Nella [tabella 1.8](#) vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera, con riferimento a quanto sopra riportato. I volumi utilizzati sono valutati al peso di volume di 150 kg/m³, ma il volume della segatura inglobata nella lettiera è stimato al peso di volume di 300 kg/m³.

La massa totale di segatura utilizzata all'anno è pari a 1.843 kg/capo, per un volume di segatura vergine di 12,28 m³/capo e un volume effettivo di segatura inglobata nella lettiera di 6,14 m³/capo; quindi, il consumo medio giornaliero ammonta a 5,05 kg/capo. Si assume questo consumo per la stima della produzione di effluenti, considerando un'umidità della segatura vergine del 15%.

Il programma di calcolo restituisce inizialmente le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione; il totale letame ammonta a 25,7 kg/d, di cui 18,7 kg di acqua e 7 kg di s.s., per un'umidità media del 72,8%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 55%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 10,8 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 41,9%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca pari a 14,7 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 0,73 kg/m², valore da ritenersi credibile. La produzione effettiva di letame è pari a **14,9** kg/d, con umidità media del 53,2% e massa volumica stimata in 559 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione e zona di mungitura, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **37,1** kg/d, con una perdita relativa di massa del 17,4%. La massa volumica è stimata in 1.000 kg/m³.

Vacca in asciutta

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 1,5 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla

produzione di deiezioni. Il consumo medio di segatura, con riferimento a quello stimato per la vacca in lattazione, viene fissato in proporzione al quantitativo di deiezioni prodotte: 3 kg/d, comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento.

Le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione, sono le seguenti: produzione totale di 15,3 kg/d, di cui 11,1 kg di acqua e 4,2 kg di s.s., per un'umidità media del 72,9%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 55%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 6,4 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 41,9%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca pari a 10,65 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 0,6 kg/m². La produzione effettiva di letame è pari a **8,9 kg/d**, con umidità media del 53,2% e massa volumica stimata in 559 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **21,8 kg/d**, con una perdita relativa di massa del 17,4%. La massa volumica è stimata in 1.000 kg/m³.

Produzione totale di effluenti

Dati i valori unitari sopra indicati, la produzione totale giornaliera di effluenti è di seguito calcolata:

- letame = $(110 \times 14,9) + (20 \times 8,9) = 1.817 \text{ kg}$
- liquame = $(110 \times 37,1) + (20 \times 21,8) = 4.517 \text{ kg}$

La produzione annua totale è la seguente:

- letame = $(1.817 / 559) \times 365 = 1.186 \text{ m}^3$
- liquame = $(4.517 / 1.000) \times 365 = 1.649 \text{ m}^3$

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi, comprensiva dei reflui di mungitura, è la seguente:

- letame per 90 d = 293 m³
- liquame per 120 d = 542 m³
- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.830 = 915 \text{ m}^3$. Questo volume è nettamente superiore al totale da stoccare, quindi non è necessaria una specifica concimaia esterna.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $542 + 330 = 872 \text{ m}^3$.

La pre-vasca interrata posta alla fine della corsia di alimentazione dovrebbe avere un volume totale pari almeno alla produzione di effluenti non palabili di 30 d: $872 / 120 \times 30 = 218 \text{ m}^3$. Di fatto, si mantiene il dimensionamento già fatto con i parametri da normativa, accettando una leggera discrepanza con il dato ottenuto dal dimensionamento analitico.

Il volume utile della pre-vasca deve essere sottratto a quello totale necessario per ottenere il volume utile delle vasche di stoccaggio: $872 - 119,3 = 752,7 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **868,5** m^3 , per un volume utile di 754 m^3 .

Quindi, con il calcolo analitico le vasche di stoccaggio risultano più grandi rispetto a quelle calcolate da normativa (+27,7%) e ciò comporta la necessità della doppia computazione dei costi di costruzione per queste strutture.

Modello CBN3

Il terzo modello di stalla CB (*Tavola 11*) è ancora più simile a una stalla a lettiera permanente tradizionale, perché la superficie della zona di riposo non si discosta molto da quelle che si potevano e si possono trovare in stalle di quel tipo. La zona di alimentazione è nettamente distinta e le due aree sono collegate da passaggi dotati di cancelli, per permettere l'isolamento delle bovine in zona di alimentazione durante le operazioni di gestione della lettiera (lavorazione, aggiunta di lettine e rimozione della lettiera esausta).

La capienza massima è di 130 vacche; il dimensionamento di progetto ha previsto l'attribuzione di una superficie unitaria in zona di riposo di circa $10 \text{ m}^2/\text{vacca}$.

Il fronte mangiatoia prevede l'attribuzione di $0,72 \text{ m}/\text{vacca}$, con rastrelliera a posti delimitati del tipo autocatturante. In ogni box il numero di posti è maggiore o uguale alla capienza di progetto ($34+80+20=134$).

La corsia di foraggiamento è posta all'esterno della pilastrata Sud ed è coperta dallo sporto del tetto, che su questo lato esce di $3,6 \text{ m}$ rispetto al filo esterno dei pilastri. Sul lato opposto, invece, lo sporto del tetto è di $1,5 \text{ m}$.

Gli abbeveratoi sono del tipo a vasca ribaltabile (per la pulizia), collocati sul muretto di separazione fra alimentazione e riposo e con accesso dalla corsia di alimentazione; lo sviluppo unitario di abbeveratoio è il seguente: $92 \text{ mm}/\text{capo}$ nel box 1, $63 \text{ mm}/\text{capo}$ nel box 2 e $98 \text{ mm}/\text{capo}$ in asciutta.

Il capannone presenta una lunghezza totale (distanza pilastri estremi) di $100,8 \text{ m}$ e una larghezza di $17,2 \text{ m}$, per una superficie di 1.734 m^2 ; la superficie utile coperta è di 2.086 m^2 , di cui circa 1.310 m^2 in zona di riposo e circa 408 m^2 in zona di alimentazione. In *tabella 1.7* sono riportati i valori unitari delle principali tipologie di superficie; per la zona di riposo a lettiera vengono assegnati $10,09 \text{ m}^2/\text{vacca}$, con $10,28 \text{ m}^2/\text{vacca}$ per i box 1 (32 capi) e 2 (78 capi) e con $9 \text{ m}^2/\text{vacca}$ per il box 3 (20 capi).

Il pavimento della zona di alimentazione è del tipo pieno in calcestruzzo armato, in doppia pendenza verso l'asse centrale, dove è posta l'asta per il traino del raschiatore meccanico a ribaltina; questo scarica il liquame nella pre-vasca posta all'esterno della testata Ovest.

Il pavimento della zona di riposo è posto 0,14 m più in basso rispetto a quello della zona di alimentazione; considerando la presenza di cordoli sui due lati lunghi della zona di riposo e di scivoli sulle due testate, la lettiera può essere accumulata fino a un'altezza massima di 0,5 m.

L'intera piattaforma della stalla è posta in leggera pendenza longitudinale (0,4%) a scendere verso la testata Ovest.

La produzione annuale di effluenti calcolata in base alla normativa attualmente in vigore è identica a quanto già calcolato per il modello ST1 (e per il modello CBN2), perché le tabelle di riferimento non prevedono una tipologia specifica per la CB.

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi è la seguente:

- letame per 90 d = 866 m³
- liquame per 120 d = 375 m³
- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è pari a 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.310 = 655 \text{ m}^3$. Questo volume è inferiore al totale da stoccare, quindi è necessaria una specifica concimaia esterna per l'accumulo di 211 m³ di letame (866 – 655).

La superficie utile interna della concimaia è pari a: $211 / 2 = 106 \text{ m}^2$.

L'acqua piovana raccolta dalla concimaia, per il tempo di stoccaggio del liquame (4 mesi), è così calcolata: $106 \times 0,05 \times 4 = 22 \text{ m}^3$.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $375 + 330 + 22 = 727 \text{ m}^3$.

La pre-vasca interrata e coperta posta alla fine della corsia di alimentazione deve avere un volume totale pari almeno alla produzione di effluenti non palabili di 30 d, come da disposizioni della normativa attuale: $727 / 120 \times 30 = 181,7 \text{ m}^3$. Si fissa un livello massimo del liquame nella pre-vasca a -1,2 m dal piano di campagna; la pre-vasca, a pianta circolare, ha un volume totale di 186,3 m³ e un volume utile di 125,7 m³. In realtà, la pre-vasca ha un volume maggiore, perché la parete si eleva per ulteriori 80 cm allo scopo di costituire il parapetto anticaduta, ma questo ulteriore volume non viene considerato volume di contenimento.

Il volume utile deve essere sottratto a quello totale necessario per ottenere il volume utile delle vasche di stoccaggio: $727 - 125,7 = 601,3 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il

volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **697 m³**, per un volume utile di 605 m³.

Anche in questo caso viene svolta la **stima analitica** della produzione di effluenti.

Come per lo schema CBN2, il modello codificato di riferimento è la stalla con lettiera solo in zona di riposo, con zona di alimentazione separata a pavimento pieno (modello C).

Le caratteristiche delle vacche in lattazione e di quelle asciutte non cambiano rispetto a quanto illustrato per lo schema CBR1.

Vacca in lattazione

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 3 kg/capo d, che deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni.

Per la definizione del quantitativo medio di segatura utilizzata si segue il procedimento di stima già illustrato, che prevede che ogni anno la lettiera esausta sia completamente asportata; si considerano 3 tipologie di consumo di segatura:

4. fabbisogno iniziale all'avvio della stalla o dopo il completo svuotamento della zona di riposo. Si assume di costituire uno strato di segatura vergine di 50 cm; dopo calpestamento e deposizione di deiezioni lo spessore si riduce a circa 30 cm;
5. fabbisogno invernale, ipotizzando un periodo di 13 settimane; si fissa un consumo di 70 kg/capo per settimana;
6. fabbisogno per le rimanenti stagioni dell'anno (39 settimane); si fissa un consumo di 15 kg/capo per mese.

Nella [tabella 1.8](#) vengono mostrati i principali dati relativi all'impiego del materiale da lettiera, con riferimento a quanto sopra riportato. I volumi utilizzati sono valutati al peso di volume di 150 kg/m³, ma il volume della segatura inglobata nella lettiera è stimato al peso di volume di 300 kg/m³.

La massa totale di segatura utilizzata all'anno è pari a 1.816 kg/capo, per un volume di segatura vergine di 12,11 m³/capo e un volume effettivo di segatura inglobata nella lettiera di 6,05 m³/capo; quindi, il consumo medio giornaliero ammonta a 4,98 kg/capo. Si assume questo consumo per la stima della produzione di effluenti, considerando un'umidità della segatura vergine del 15%.

Il programma di calcolo restituisce inizialmente le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione; il totale letame ammonta a 25,6 kg/d, di cui 18,7 kg di acqua e 6,9 kg di s.s., per un'umidità media del 73%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 55%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 10,8 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 42%. Essendo la superficie di lettiera

assegnata alla singola vacca pari a 10,28 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 1,05 kg/m², valore da ritenersi credibile. La produzione effettiva di letame è pari a **14,8** kg/d, con umidità media del 53,4% e massa volumica stimata in 561 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione e zona di mungitura, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **37,1** kg/d, con una perdita relativa di massa del 17,4%. La massa volumica è stimata in 1.000 kg/m³.

Vacca in asciutta

Si assume uno spreco idrico per abbeverata di 1,5 kg/capo d; tale spreco deve essere aggiunto alla produzione di deiezioni. Il consumo medio di segatura, con riferimento a quello stimato per la vacca in lattazione, viene fissato in proporzione al quantitativo di deiezioni prodotte: 2,96 kg/d, comprensivo dello strato iniziale di lettiera, da ricostituirsi dopo ogni svuotamento.

Le caratteristiche del letame in zona di riposo, senza l'effetto dell'evaporazione, sono le seguenti: produzione totale di 15,2 kg/d, di cui 11,1 kg di acqua e 4,1 kg di s.s., per un'umidità media del 73%. Con un'evaporazione netta di acqua del 60% è possibile mantenere l'umidità della massa a poco meno del 55%; in tali condizioni devono evaporare ogni giorno 6,4 kg di acqua, con una perdita relativa di massa del 42,1%. Essendo la superficie di lettiera assegnata alla singola vacca pari a 9 m², l'evaporazione giornaliera dovrà essere di almeno 0,71 kg/m². La produzione effettiva di letame è pari a **8,8** kg/d, con umidità media del 53,4% e massa volumica stimata in 561 kg/m³.

La produzione di liquame in zona di alimentazione, ipotizzando un'evaporazione netta del 20%, risulta pari a **21,8** kg/d, con una perdita relativa di massa del 17,4%. La massa volumica è stimata in 1.000 kg/m³.

Produzione totale di effluenti

Dati i valori unitari sopra indicati, la produzione totale giornaliera di effluenti è di seguito calcolata:

- letame = $(110 \times 14,8) + (20 \times 8,8) = 1.804$ kg
- liquame = $(110 \times 37,1) + (20 \times 21,8) = 4.517$ kg

La produzione annua totale è la seguente:

- letame = $(1.804 / 561) \times 365 = 1.174$ m³
- liquame = $(4.517 / 1.000) \times 365 = 1.649$ m³

La produzione di riferimento per il dimensionamento degli stoccaggi, comprensiva dei reflui di mungitura, è la seguente:

- letame per 90 d = 290 m³
- liquame per 120 d = 542 m³

- reflui mungitura per 120 d = 330 m³

Per il letame si deve considerare che la tipologia di stabulazione in oggetto consente l'accumulo temporaneo del materiale nella stessa area di riposo; la normativa ammette un volume massimo corrispondente alla superficie dell'area per l'altezza media della lettiera (ma non oltre gli 0,6 m); nel caso specifico l'altezza massima è fissata in 0,5 m, quindi il volume massimo accumulabile in stalla è pari a: $0,5 \times 1.310 = 655 \text{ m}^3$. Questo volume è nettamente superiore al totale da stoccare, quindi, al contrario della situazione del calcolo da normativa, non è necessaria una specifica concimaia esterna.

Il totale degli effluenti non palabili da stoccare ammonta a: $542 + 330 = 872 \text{ m}^3$.

La pre-vasca interrata posta alla fine della corsia di alimentazione dovrebbe avere un volume totale pari almeno alla produzione di effluenti non palabili di 30 d: $872 / 120 \times 30 = 218 \text{ m}^3$. Di fatto, si mantiene il dimensionamento già fatto con i parametri da normativa, accettando una leggera discrepanza con il dato ottenuto dal dimensionamento analitico.

Il volume utile della pre-vasca deve essere sottratto a quello totale necessario per ottenere il volume utile delle vasche di stoccaggio: $872 - 125,7 = 746,3 \text{ m}^3$.

Si prevede una vasca liquami seminterrata a pianta rettangolare, suddivisa in due serbatoi uguali; il volume totale, considerando la raccolta di acqua della stessa vasca, ammonta a **865 m³**, per un volume utile di 751 m³.

Quindi, con il calcolo analitico non è più necessaria la concimaia, ma le vasche di stoccaggio risultano più grandi rispetto a quelle calcolate da normativa (+24%); ciò comporta la necessità della doppia computazione dei costi di costruzione per queste strutture.

1.2.4. Considerazioni sulla produzione di effluenti e sul dimensionamento degli stoccaggi

Nelle *tabelle* da 1.9 a 1.14 sono riassunti i principali dati relativi alla produzione di effluenti e al dimensionamento degli stoccaggi di tutti gli schemi di stalla progettati, sia con riferimento ai parametri minimi della normativa regionale, sia con riferimento alla metodologia del CRPA (in quest'ultimo caso, solo per le stalle CB).

L'insieme di questi dati consente di fare alcune considerazioni, mettendo a confronto i diversi modelli di stalla e i due sistemi di calcolo adottati.

Innanzitutto, è bene ricordare che le stalle sono caratterizzate da due diverse capienze: per gli schemi ST1, ST2, CBR1, CBR2, CBN1, CBN2 e CBN3 si tratta di 130 vacche da latte, mentre per i rimanenti 4 modelli si tratta di 200 vacche. Per questo è più utile ragionare in termini di valori unitari, riferiti al singolo capo presente.

La produzione di effluenti è ovviamente influenzata dal fatto che nel progetto sia previsto l'impiego di un separatore per liquami, non tanto nella quantità totale, quanto invece nella suddivisione delle due frazioni di materiale palabile (Mp) e di materiale non palabile (Mnp). Il separatore viene

utilizzato negli schemi originali a cuccette (ST2, ST3 e ST4) e negli schemi CB che derivano da quelli (CBR2, CBR3 e CBR4), mentre non è previsto in tutti gli schemi originali a lettiera (ST1, CBN1, CBN2 e CBN3). L'impiego del separatore porta all'aumento della frazione solida e alla riduzione della frazione liquida, ma la sommatoria dei volumi delle due frazioni dopo separazione è superiore al volume del liquame trattato, a motivo del minore peso di volume del separato rispetto al liquame tal quale.

Con riferimento ai calcoli in base alla normativa regionale, che non contemplano lo schema CBN1, è possibile sottolineare i seguenti aspetti:

- la massima produzione annua di Mp, in termini assoluti, viene registrata nelle stalle più grandi a CB (CBR3 e CBR4), con quasi 6.300 m³, ma in termini relativi la quantità maggiore deriva dallo schema CBR2, con 31,5 m³/capo, e dalle stalle prima citate;
- la massima produzione annua di Mnp, in termini assoluti, viene registrata nelle stalle più grandi a cuccette (ST3 e ST4), con oltre 4.100 m³, ma in termini relativi la quantità maggiore deriva dallo schema più piccolo a cuccette (ST2), con 20,9 m³/capo, e dalle stalle prima citate;
- la minore produzione unitaria di Mnp si registra nelle due stalle più grandi a CB derivate dalla ristrutturazione di stalle a cuccette, con 12,4 m³/capo anno;
- la concimaia più grande, in proporzione alla capienza della stalla, è prevista nello schema ST1 (e quindi nello schema CBR1), con 1,6 m²/capo, mentre la concimaia più piccola è quella del modello CBN3, con 0,8 m²/capo. La stalla CBN2 è l'unica, fra le 10 considerate, che non necessita di una specifica concimaia a platea;
- le vasche liquami più grandi, in proporzione alla capienza della stalla, considerando anche il volume della pre-vasca, sono previste nello schema CBR2, con 8,8 m³/capo, mentre le vasche più piccole sono quelle del modello CBN2, con 6,6 m³/capo.

Con riferimento ai calcoli in base alla metodologia CRPA, che riguardano soltanto le stalle CB, è possibile evidenziare i seguenti aspetti:

- la massima produzione annua di Mp, in termini relativi, viene registrata nella stalla CBN1, con 17 m³/capo anno, tutti attribuibili alla lettiera della zona di riposo; seguono le stalle CB che derivano da stalle a cuccette, con 14,4-14,7 m³/capo anno, ma in questo caso abbiamo l'apporto rilevante del separatore;
- la massima produzione annua di Mnp, in termini relativi, viene registrata nelle stalle CBR1, CBN2 e CBN3, con 20,4 m³/capo anno; questi sono i modelli a lettiera solo in zona di riposo e che non prevedono il separatore;
- la minore produzione unitaria di Mnp, ovviamente, si registra nella stalla CBN1, cioè l'unica che prevede solo aree a lettiera e che quindi non ha produzione di liquame separato in stalla. Infatti, il volume previsto, pari a 7,7 m³/capo anno, è costituito solo da reflui di mungitura;

- nessuna stalla originariamente a lettiera (CBR1 e le 3 CBN) abbisogna di una concimaia a platea esterna per il letame. Per le rimanenti 3 stalle la concimaia ha una dimensione di 1,23-1,25 m²/capo;
- le vasche liquami più piccole, in proporzione alla capienza della stalla e considerando anche il volume della pre-vasca, sono previste nello schema CBN1, con 3,1 m³/capo, mentre tutte le altre stalle hanno vasche di dimensione compresa fra 8 e 8,8 m³/capo.

Ponendo a confronto la produzione di effluenti delle stalle CB calcolata con i due metodi, si nota che la quantità di Mp si riduce fortemente passando dai parametri regionali al sistema CRPA e la cosa è ovvia, in quanto il sistema di CRPA tiene conto dell'evaporazione di acqua dalla massa della lettiera, che è la caratteristica fondamentale della tecnica CB, mentre le tabelle della normativa non prevedono nemmeno la specifica tecnica d'allevamento definita CB. Tale riduzione varia da un minimo del 53% per CBR2 a un massimo del 67% di CBR1 e CBN3.

Per contro, in tutti i modelli considerati aumenta del 24-25% la frazione Mnp, perché il sistema CRPA stima la deposizione di deiezioni nelle diverse aree della stalla sulla base del *time-budget* medio delle vacche, cioè con una logica più precisa e più aggiornata rispetto a quanto avviene nelle tabelle della normativa regionale.

1.3. Costi di costruzione dei modelli progettuali di compost barn (Fase 3)

La terza fase dell'Azione 1 ha previsto il calcolo dei costi di costruzione delle stalle realizzate nella fase precedente. Rispetto alle attività di progetto, che prevedevano l'allestimento di 6 computi metrici estimativi, sono stati eseguiti **14** computi, uno per ogni modello di stalla, comprese le 4 stalle tradizionali, oltre alle varianti relative alla progettazione delle strutture esterne per lo stoccaggio degli effluenti per 3 stalle, come detto nei paragrafi precedenti.

Per la computazione dei costi è stato utilizzato un programma informatico già disponibile presso il CRPA, quindi già noto al personale incaricato allo svolgimento di questa fase del lavoro; il software in questione è STR Vision CPM nella sua versione più recente (V.9.2.40731.1), un software di cantieristica fra i più noti e apprezzati a livello nazionale, prodotto dalla ditta STR di Pegognaga (MN), in grado di gestire listini e di creare elenchi prezzi, analisi dei prezzi e preventivi analitici.

Il primo passo per la computazione dei costi di costruzione delle stalle è stata la creazione dell'Elenco Prezzi Unitari (EPU), ovvero l'insieme delle voci di costo da utilizzare nella redazione dei computi. L'EPU altro non è che il listino specifico per un determinato lavoro e la sua creazione, in genere, prende le mosse proprio da uno o più prezziari di riferimento. Nel nostro caso, ovviamente, la scelta non poteva che cadere sul *Prezzario regionale per opere e interventi in agricoltura*, realizzato del CRPA per la Regione Emilia-Romagna, ma in una versione aggiornata da CRPA con riferimento all'anno 2017.

In alcuni casi è stato necessario creare nuove voci a partire da quelle inserite nel Prezzario

regionale, con modifiche alle descrizioni e ai prezzi, oppure le voci sono state create *ex-novo* mediante opportune analisi dei prezzi.

L'EPU, come detto, è specifico per ogni lavoro, ma nel nostro caso gli EPU delle diverse stalle differiscono di poco l'uno dall'altro e sole per voci specifiche, come ad esempio una specifica attrezzatura di stalla.

Come detto, il calcolo analitico dei costi di costruzione di un fabbricato è stato eseguito mediante computo metrico estimativo (CME); questa metodologia consiste nella moltiplicazione delle quantità delle singole lavorazioni o opere per i relativi prezzi unitari desunti dall'EPU, e nella sommatoria di tutti i sub-totali ottenuti. Risulta evidente la comodità di una computazione mediante elaboratore elettronico, sia per la ripetitività delle operazioni da eseguire, sia per la precisione di calcolo necessaria. Ma l'utilizzo di uno specifico software di cantieristica consente anche la suddivisione del costo totale di costruzione in singole sezioni della struttura o in singole categorie di lavori. Per questo è stato necessario attribuire i diversi lavori da computare, cioè le diverse voci di EPU, a un certo numero di lotti, mappali e opere, con lo scopo di poter scorporare il costo complessivo in tanti sub-totali.

La classificazione dei lavori per la computazione delle stalle è di seguito riportata.

LOTTI (primo livello di suddivisione)

01. Corpo stalla
02. Opere stoccaggio effluenti

MAPPALI (secondo livello di suddivisione)

01. Opere edili corpo stalla
02. Impianti e attrezzature corpo stalla
03. Opere edili stoccaggio effluenti
04. Impianti e attrezzature stoccaggio effluenti

OPERE (terzo livello di suddivisione, per grandi categorie di lavori)

01. Scavi e rinterrì
02. Fondazioni, struttura portante e copertura
03. Pavimenti e sistemazione orizzontale
04. Tamponamenti e sistemazione verticale
05. Serramenti
06. Lattoneria, fognature e canalizzazioni
07. Impianto idrico
08. Impianto elettrico

09. Impianti movimentazione effluenti

10. Attrezzature.

Per ognuna delle 11 stalle progettate e per le 3 varianti è stato redatto il relativo CME, a partire dai disegni di progetto e dall'EPU specifico. Il programma svolge in automatico i calcoli e restituisce il costo complessivo e i sub-totali dei diversi gruppi e sottogruppi di lavori.

Tutti i preventivi analitici in formato *pdf*, corredati dalle descrizioni brevi delle singole voci, sono riportati nell'*Allegato 3–Archivio CME*. La pagina finale di ogni computo restituisce i costi totali e sub-totali per lotti, mappali e opere: è questa la **scheda riassuntiva** per ogni modello di stalla.

Dall'importo complessivo sono sempre escluse le spese tecniche di progettazione e direzione lavori, le spese per allacciamenti idrici ed elettrici e l'IVA di legge; inoltre, come già detto, è esclusa l'intera zona di mungitura, perché non ha rilevanza per gli obiettivi del presente progetto.

I valori di costo della tabella finale riassuntiva di ciascun computo sono stati trascritti in una tabella di foglio elettronico, con lo scopo di calcolare in automatico i **costi a parametro**, ovvero i costi unitari riferiti a singoli parametri significativi (come il capo e il metroquadro di superficie). Le tabelle di costo così create sono riportate nel file *TabelleCosti-CB.xls* inserito nell'*Allegato 3–Archivio CME*.

I parametri di superficie ai quali si farà riferimento, già inseriti nelle tabelle 1.4, 1.5 e 1.7, sono richiamati di seguito:

- superficie di stabulazione (STA), quella calpestabile a disposizione degli animali per le diverse attività, data dalla somma di zona di riposo e zona di alimentazione;
- superficie totale (TOT), data dalla somma di STA e corsia di foraggiamento;
- superficie tetto (TET) in proiezione orizzontale;
- superficie insediamento (INS), quella occupata dall'intero insediamento, comprese pavimentazioni esterne e opere di stoccaggio degli effluenti.

I valori di superficie coperta per capo hanno grande influenza sul costo a capo e sul costo a metroquadro delle stalle, vista la nota relazione fra costo di costruzione di un edificio e superficie coperta dell'edificio stesso. In linea generale, le stalle che presentano il più basso valore di SC per capo sono anche quelle che hanno il più basso costo per capo e il più alto costo per 1 m² di SC.

1.3.1. Stalle convenzionali

Il costo del corpo stalla, riferito alla capienza, varia da un minimo di 3.792 €/vacca per la ST4 a un massimo di 4.293 €/vacca per la ST3 (*tabella 1.15*); in media, le stalle più piccole hanno un costo unitario del 2% maggiore di quello delle stalle più grandi. Se si aggiunge il costo delle opere esterne di stoccaggio degli effluenti (concimaie e vasche liquami), il modello meno costoso rimane ST4, con 4.790 €/vacca, mentre il costo maggiore passa al modello ST2, con 5.401 €/vacca.

Per quanto riguarda il parametro STA, il costo medio del corpo stalla dei 4 schemi si colloca sui 442 €/m², con un minimo di 407 €/m² per ST1 e un massimo di 473 €/m² per ST2.

Il costo riferito alla superficie TOT del corpo stalla vede il valore minimo di 319 €/m² per ST1 e il valore massimo di 377 €/m² per ST3, con una media generale di 346 €/m².

Il parametro TET registra una media di 311 €/m², con un minimo di 281 €/m² per la stalla ST1 e un massimo di 328 €/m² per la stalla ST3.

Infine, il costo totale (corpo stalla + opere esterne) riferito al parametro INS fa registrare un valore medio di 281 €/m², con un massimo di quasi 300 €/m² per ST3 e un minimo di 255 €/m² per ST1.

1.3.2. Stalle nuove a compost

Le 3 stalle nuove a compost mostrano costi complessivi più elevati rispetto alle stalle convenzionali (*tabella 1.15*); in media, a parità di capienza, le stalle compost costano il 42% in più, se si considera il solo corpo stalla. Se si aggiungono anche le opere esterne di stoccaggio, il differenziale si riduce a un +29%, proprio perché le opere esterne delle stalle compost sono più semplici e di minori dimensioni.

Il costo del corpo stalla varia da un minimo di 4.899 €/vacca per la CBN3 a un massimo di 7.831 €/vacca per la CBN1. Se si aggiunge il costo delle opere esterne per effluenti, la classifica non cambia: il modello meno costoso resta CBN3 (variante b), con 5.775 €/vacca, mentre il costo maggiore è sempre di CBN1, con 8.260 €/vacca.

I costi parametrici riferiti alle superfici, ovviamente, evidenziano una classifica invertita, perché i costi maggiori sono sempre della stalla a minore superficie (CBN3), mentre i costi minori sono della stalla più grande.

Per il parametro STA, il costo varia da 288 a 371 €/m², mentre per il parametro TOT i valori vanno da 284 a 305 €/m².

Il parametro TET registra un minimo di 250 €/m² e un massimo di 328 €/m² per la stalla ST3.

Infine, il costo totale (corpo stalla + opere esterne) riferito al parametro INS fa registrare valori praticamente analoghi per tutte le tipologie (254-261 €/m²).

Per omogeneità con i modelli di stalle tradizionali, non è stata inserita la copertura delle pre-vasche nelle tipologie CBN2 e CBN3, benché questa risulti oggi obbligatoria in base alla normativa effluenti.

1.3.3. Stalle ristrutturate a compost

Per tutte le stalle convenzionali è stata ipotizzata la trasformazione in stalle compost. I costi di questi interventi di ristrutturazione cambiano in base alla situazione di partenza (*tabella 1.16*); è abbastanza ovvio che sia meno oneroso trasformare una stalla già a lettiera, rispetto a una stalla a cuccette, perché ciò che incide molto, oltre alla nuova superficie coperta, sono le opere di

demolizione e di disinstallazione.

Il costo di ristrutturazione varia da un minimo di 1.876 €/vacca per la CBR1a a un massimo di 2.482 €/vacca per la CBR4.

I costi parametrici riferiti alle superfici mostrano valori maggiori per le stalle più grandi; considerando il solo corpo stalla, per il parametro STA il costo varia da 117 a 158 €/m², mentre per il parametro TOT i valori vanno da 100 a 134 €/m².

Il costo totale (corpo stalla + opere esterne) riferito al parametro INS varia da un minimo di 71 €/m² (CBR1a) a un massimo di 96 €/m² (CBR4).

1.3.4. L'incidenza delle diverse opere sul costo di costruzione

Le schede riassuntive dei costi di costruzione permettono di fare un'analisi dell'incidenza delle diverse opere codificate (grandi categorie di lavori) sul costo totale stimato.

In particolare, con riferimento al costo globale di ogni modello di stalla nuova, è possibile notare come l'incidenza maggiore sia sempre relativa a FONDAZIONI, STRUTTURA PORTANTE E COPERTURA (opera 02), con una media di quasi il 38% e con valori che arrivano al 42-45% per le stalle compost più grandi.

La seconda opera in ordine decrescente è la 03 PAVIMENTI E SISTEMAZIONE ORIZZONTALE (vespai, basamenti, massetti ecc.), con incidenze molto simili e variabili dal 25 al 27,7%.

Su percentuali inferiori alla precedente, ma molto variabili, si pone la voce 04 TAMPONAMENTI E SISTEMAZIONE VERTICALE (opere in elevazione, intonaci ecc.); il valore più basso è appannaggio della stalla compost più grande, con 8,7%, mentre la stalla ST4 raggiunge quasi il 20%.

Tutte le altre opere si collocano molto più in basso in termini d'incidenza percentuale e fra esse primeggia la voce 09 IMPIANTI MOVIMENTAZIONE EFFLUENTI, che mediamente si attesta sul 4,4%, ma con un'elevata variabilità (da 0,2 a 7,8%).

1.4. Fase 4 – Indagine presso veterinari aziendali che operano nell'area del Parmigiano Reggiano

Il progetto ha previsto una piccola indagine conoscitiva presso veterinari aziendali che operano nella zona di produzione del Parmigiano-Reggiano.

Gli scopi principali erano quelli di verificare il livello di conoscenza dei veterinari sulla tecnica compost barn e di capire la loro opinione circa la possibilità che tale tecnica possa diffondersi negli allevamenti del comprensorio.

Inizialmente è stata redatta la scheda da utilizzarsi come traccia durante le interviste; la scheda, riportata nell'*Allegato 5–Archivio Altro*, prevede una serie di domande sulla compost barn e, in alternativa, sulla tecnica a lettiera permanente (nel caso in cui il veterinario non conosca la tecnica compost barn).

Sono poi stati selezionati dei veterinari disponibili all'intervista, fra quelli noti ai singoli componenti del gruppo di lavoro GOI.

In totale sono state condotte 16 interviste, 6 in più rispetto alle 10 previste dal progetto. Le 16 schede compilate sono inserite nell'[Allegato 5–Archivio Altro](#).

Di seguito si riportano le principali risultanze scaturite dalla breve indagine.

I veterinari intervistati, tutti specializzati in buiatria, hanno un'esperienza lavorativa importante; in media lavorano in questo ambito da circa 26 anni, con punte massime di 40 anni.

I loro ambiti lavorativi prevalenti sono la riproduzione bovina e la sanità, mentre decisamente minoritarie sono le branche dell'alimentazione e del benessere animale.

Alla domanda “Conosce la tecnica compost barn?” gli intervistati hanno risposto sì per quasi il 70%, a dimostrazione che il veterinario aziendale è abbastanza attento alle innovazioni che interessano le tecniche di stabulazione delle vacche da latte.

Per questo gruppo maggioritario di veterinari, l'intervista è continuata con domande di approfondimento della tematica, mentre per la minoranza che ha dichiarato di non conoscere la CB sono state poste alcune domande sulla lettiera permanente e sulla sua possibile trasformazione in lettiera lavorata.

I modi in cui i professionisti sono venuti a conoscenza della soluzione CB sono sostanzialmente 4: in prima posizione ci sono “l'averla vista presso clienti allevatori” o “averla vista presso altri allevamenti (durante visite occasionali)” e in seconda battuta ci sono la lettura di articoli tecnici o il colloquio con professionisti del settore dell'edilizia zootecnica.

I veterinari che hanno visto in prima persona una stalla CB sono la maggioranza degli intervistati (10 su 16) e i luoghi dove sono queste stalle sono abbastanza diversificati: in Emilia 5 aziende e poi in altre province fuori regione, come Mantova, Alessandria, Pordenone, Cremona, Verona, Vicenza e Lodi.

Le stalle visitate avevano superfici unitarie di lettiera variabili da un minimo di 7 a un massimo di 12 m²/vacca, con una media dei valori indicati di 10 m²/vacca, e il materiale da lettiera più usato era la segatura, anche in abbinamento con paglia o enzimi. Altri lettimi citati dagli intervistati sono la fibra di cocco, il separato solido (da trattamento di separazione dei liquami) e i trucioli.

L'impressione ricevuta dai veterinari dall'osservazione delle stalle CB è stata per lo più positiva e gli aspetti sottolineati sono stati numerosi:

- miglioramento dello stato sanitario e del benessere animale;
- rispetto del naturale comportamento della bovina (la vacca si sdraia come vuole);
- buona soluzione per arti e piedi;
- sanità della mammella;
- riduzione mosche;

- migliore manifestazione dei calori;
- maggiore longevità degli animali;
- riduzione della SCC (conta delle cellule somatiche);
- maggiore comfort anche in estate.

L'aspetto di maggiore preoccupazione è il fatto che occorre molta superficie di lettiera, perché se questa è scarsa peggiorano gravemente le condizioni igienico-sanitarie; inoltre, nei nostri climi la tecnica può andare in crisi nel periodo invernale, per difficoltà di evaporazione dell'acqua dalla lettiera, con conseguenti effetti negativi sullo stato di pulizia degli animali.

La domanda successiva poneva la questione della possibile diffusione futura della CB all'interno dell'area di produzione del Parmigiano Reggiano; i veterinari hanno risposto in modo molto variegato, anche se la maggioranza ritiene difficile una sua diffusione su larga scala, soprattutto per la necessità di grandi superfici coperte (quindi costi elevati) e per il fatto che non è facile convincere gli allevatori a intraprendere una strada molto diversa da quella più comune oggi (le cuccette). Inoltre, viene sottolineato il fatto che la gestione della lettiera è fondamentale e non è una pratica semplice.

Per contro, coloro che ritengono che la tecnica possa diffondersi evidenziano aspetti quali il migliore benessere animale, il contenimento delle mastiti e delle cellule somatiche e, stranamente, anche il fatto che forse il costo di costruzione è minore rispetto a una stalla a cuccette.

Gli elementi di maggiore criticità evidenziati dagli intervistati sono i seguenti:

- difficoltà nella gestione della lettiera;
- scelta del materiale da lettiera e costi tendenzialmente elevati;
- costi di costruzione e di gestione;
- necessità di molta superficie coperta;
- difficoltà nello spostamento degli animali durante le lavorazioni della lettiera;
- non si adatta bene al nostro clima umido;
- vacche più sporche in inverno.

Le ultime 3 domande dell'intervista erano dedicate a coloro che non avevano conoscenza diretta o indiretta della CB, ma in realtà queste stesse domande sono state poste anche ad alcuni degli altri veterinari.

La prima di queste domande si riferiva ai pregi e ai difetti della stalla a lettiera permanente rispetto alla stalla a cuccette. Lo scopo era quello di fare esprimere un parere anche a coloro che non conoscono la tecnica CB, ponendo l'attenzione su un sistema di stabulazione che per alcuni aspetti è simile. I veterinari evidenziano alcuni rilevanti aspetti negativi, come l'eccessivo inquinamento ambientale e il rischio elevato di mastiti, soprattutto da *Streptococcus uberis*, oltre ai problemi delle

cellule spesso molto alte e del fatto che la tecnica è onerosa per paglia e manodopera. I vantaggi potenziali sono il miglioramento del benessere animale, il sistema d'allevamento più naturale (con meno ostacoli per la bovina) e il maggior rispetto di arti e piedi.

La domanda successiva poneva la questione della possibile trasformazione, in area Parmigiano Reggiano, delle lettiere permanenti in lettiere lavorate. La maggioranza degli intervistati è convinta che la CB possa sostituire positivamente le vecchie lettiere permanenti, ma bisogna avere le giuste superfici e bisogna porre molta attenzione, come già detto, alla gestione della lettiera. I motivi sono che si migliora il benessere, che la lettiera nella CB è più soffice e sana e che si possono ridurre le cellule somatiche.

Infine, la richiesta di evidenziare le possibili criticità della lettiera innovativa; gli intervistati sono abbastanza concordi sul fatto che la gestione complessa può essere il principale problema e che altre questioni delicate possono essere le elevate richieste di manodopera e di superficie coperta della stalla, la scelta del lettime e il rischio di un forte peggioramento igienico-sanitario nel caso di sovraffollamento.

2. Azione 2 – Analisi tecnico-economica su casi reali

2.1. Definizione dello stato di fatto di casi reali

Nelle 7 aziende partner del progetto sono stati raccolti i dati necessari al fine di predisporre i progetti delle stalle destinate alle vacche in lattazione e/o asciutta.

Per alcune di queste aziende, in realtà, erano già disponibili i progetti cartacei o informatici (su file in formato Autocad o similari), mentre per altre i progetti sono stati ricostruiti partendo da rilievi aziendali.

Tutti i progetti delle stalle in formato *pdf* sono riportati nell'*Allegato 2–Archivio Tavole*.

Lo scopo di questa attività era quello di definire una situazione *ex-ante* delle aziende, che per 5 di esse fa riferimento a stalle di tipo tradizionale (fissa e libera a cuccette), mentre per le rimanenti 2 aziende contempla già la soluzione *compost barn*, che era presente all'avvio delle attività del GOI.

Una successiva attività ha previsto il calcolo del costo di produzione del latte per ogni azienda, attraverso la metodologia *Milk Money*.

Le aziende partner del progetto, per ragioni di privacy, saranno sempre richiamate con una lettera maiuscola e non con il nome effettivo (anagrafica aziendale).

2.1.1. Le stalle delle aziende – Stato di fatto

Azienda A

Questa azienda ha una stalla tradizionale del tipo a stabulazione fissa, con 2 file di poste testa-testa e corsia di foraggiamento centrale (*figura 2.1*).

La struttura è del tipo prefabbricato a portali in calcestruzzo armato; è presente un impianto di mungitura a lattodotto.

La superficie coperta complessiva è pari a circa 384 m² e sono presenti 34 poste, tutte destinate a vacche in lattazione. L'alimentazione è del tipo *unifeed*.

Lo schema della stalla è riportato nella *tavola 12*.

Per questa stalla non si procede alla stima del costo di costruzione a nuovo, perché tale struttura non sarà più destinata, nello stato di progetto, all'allevamento delle vacche, in quanto è stata progettata una stalla nuova a *compost*, come si dirà successivamente.

Azienda B

Questa azienda biologica ha realizzato una nuova stalla *compost barn* in concomitanza con l'avvio del progetto GOI; quindi, in questo caso lo stato di fatto corrisponde allo stato di progetto ed è rappresentato da una stalla con le caratteristiche dimensionali e di layout illustrate nella *tavola 13*.

Il fabbricato, di circa 1.500 m² di superficie coperta, prevede una corsia di foraggiamento laterale (*figura 2.2*), una zona di alimentazione a pavimento pieno pulita con raschiatore meccanico (*figura 2.3*), un'ampia zona di riposo (*figura 2.4*) e un paddock pavimentato esterno, dove sono collocati gli autoalimentatori (*figura 2.5*). In azienda si pratica l'alimentazione tradizionale a base di foraggi affienati e verdi.

Alla testata Sud è presente il blocco mungitura (*figura 2.6*), con sala del tipo a spina 6+6, locali di servizio e alcuni box di isolamento.

Sono presenti 82 posti alla rastrelliera autocatturante, con una larghezza unitaria di 0,7 m/posto.

La stalla ospita circa 62 vacche, suddivise in due box: vacche in mungitura e vacche in asciutta.

Per questa stalla è stato possibile recuperare, dal tecnico progettista, il computo metrico estimativo preventivo; il costo stimato, al netto di vasca liquami, spese tecniche e IVA, ammonta a circa 880.000 €, ma sono compresi tutta la zona di mungitura, i box della zona parto-infermeria e il paddock pavimentato esterno con auto-alimentatori.

E' quindi necessario fare una stima parametrica del valore delle opere da sottrarre, allo scopo di avere un costo confrontabile con quelli derivanti dagli schemi progettuali dell'Azione 1 e dalle stalle delle altre aziende partner.

La zona di mungitura viene stimata con riferimento a un costo unitario di 1.450 €/m², valore desumibile dal database CRPA per sale di mungitura analoghe a quella in esame. La superficie al piano terra è pari a 135 m², ma è presente anche un primo piano, con uffici e sala riunioni, che presenta la medesima superficie; quindi, in totale si tratta di 270 m², che valutati al costo unitario si stimano in circa 390.000 €.

Vanno poi detratti i box della zona isolamento, posti a fianco del corpo mungitura, sotto alla copertura della stalla, per una superficie di circa 80 m², che si stimano al costo unitario di 300 €/m², ottenendo un importo totale di 24.000 €.

Infine, si stima il valore del paddock esterno pavimentato in circa 36.000 € e quello dell'impianto di auto-alimentazione in circa 30.000 €.

Il totale da porre in detrazione è pari a 480.000 €, quindi il valore del solo corpo stalla risulta pari a circa 400.000 €.

A parte si valuta la vasca per lo stoccaggio del liquame, a pianta circolare e seminterrata, del volume totale di 663 m³; grazie al database CRPA si può stimare il costo di costruzione della vasca in complessivi 65.000 €.

A questo punto si possono calcolare i principali costi unitari parametrici:

- totale per capienza = 7.500 €/vacca
- totale per capienza, solo corpo stalla = 6.450 €/vacca
- totale per STA, solo corpo stalla = 420 €/m²

- totale per TOT = 362 €/m²

Tali costi sono più elevati (+27%) rispetto a quelli della tipologia CBN3, di caratteristiche simili; la cosa è in parte giustificata dal fatto che la capienza della stalla B è meno della metà di quella dello schema CBN3 e, com'è noto, all'aumentare della capienza della stalla, il costo unitario tende a calare, a parità di altre condizioni.

Azienda C

Anche in questa azienda la stalla compost era già presente all'avvio del progetto; si tratta di un ricovero destinato alle vacche asciutte e alle manze gravide, oltreché alle zone pre-parto e parto (*tavola 14*).

La situazione ante, quindi, è uguale alla situazione post. Le vacche in lattazione sono stabulate in due nuove stalle a cuccette, realizzate dopo il terremoto del 2012, in seguito agli ingenti danni subiti dalle strutture precedentemente utilizzate per l'allevamento.

La stalla compost (*figura 2.7*) ha una superficie coperta di circa 1.300 m² ed è caratterizzata da un'ampia area a lettiera (*figura 2.8*) collegata, tramite passaggi, alla zona di alimentazione a pavimento pieno con impianto a raschiatore (*figura 2.9*).

Il numero di posti alla rastrelliera autocatturante è pari a 85, ciascuno della dimensione di 0,75 m.

La stalla ospita in media 75 capi suddivisi in 4 box; la superficie unitaria in zona di riposo è pari a circa 9,6 m²/capo.

All'esterno della stalla (lato Ovest) è presente un paddock in terra battuta utilizzato durante la bella stagione (*figura 2.10*).

Anche per questa stalla è stato possibile recuperare, dal tecnico progettista, i principali valori di costo del computo metrico estimativo; il costo stimato, comprese le vasche liquami, ma esclusi spese tecniche, IVA e paddock esterno pavimentato, ammonta a circa 465.000 €.

I principali costi unitari parametrici sono elencati di seguito:

- totale per capienza = 6.200 €/vacca
- totale per TOT = 358 €/m²

Tali costi sono in linea con quelli della tipologia CBN3, di caratteristiche molto simili. In particolare, il costo per unità di superficie è perfettamente sovrapponibile, mentre il costo a capo è leggermente più alto (+7%).

Azienda D

L'azienda D alleva le proprie vacche da latte in una stalla (*figura 2.11*) della superficie coperta di circa 2.650 m²; la stalla prevede aree di riposo a cuccette, con un totale di 320 posti e disposizione

su 5 file. Le cuccette sono del tipo a buca, da utilizzarsi con lettiera di paglia (*figura 2.12*).

Le zone di alimentazione hanno pavimento pieno con impianto a raschiatore e sono servite da una corsia di foraggiamento centrale (*figura 2.13*) e da una seconda corsia laterale.

Il numero di posti alla rastrelliera autocatturante è pari a 300, ciascuno della dimensione di 0,7 m.

La stalla ospita in media 320 capi.

Il corpo mungitura prevede una sala a spina tradizionale con 12+12 poste.

Nella *tavola 15* è riportata la pianta della stalla.

Per questa stalla, così come per tutte le successive, si adotta il procedimento di stima sintetica per costi unitari parametrici. Infatti, il lavoro molto analitico svolto nell'Azione 1 rende del tutto superflua la computazione dei costi di tipo analitico, a mezzo di computo metrico estimativo, come era stato inizialmente prospettato nella stesura dell'Azione 2 del progetto GOI.

Ciò ha anche un'altra importante motivazione tecnica: per poter redigere un computo metrico estimativo analitico che abbia buone possibilità di indicare il più probabile costo di costruzione è assolutamente necessario conoscere tutte le caratteristiche strutturali, edilizie e impiantistiche della stalla da valutare; ciò è praticamente impossibile nel caso di stalle già esistenti, soprattutto se le strutture hanno un'età di parecchi anni, come quelle in questione.

Peraltro, il CRPA dispone di un importante database dei costi di costruzione delle strutture zootecniche (stalle di diversa tipologia e dimensione, sale di mungitura, vasche liquami, concimaie ecc.), che viene costantemente aggiornato tramite computazione analitica dei costi e aggiornamento dei prezzi unitari; questa è un'ulteriore fonte di dati per costi unitari parametrici.

Il procedimento di stima adottato, definito **sintetico-comparativo**, conduce quindi alla previsione del più probabile valore di costo di un progetto attraverso la sua comparazione con progetti simili già realizzati e dei quali sia noto il costo di costruzione, sulla base di un'opportuna parametrizzazione (Utica, 2011).

Nel nostro caso, i costi unitari di riferimento sono quelli riportati nella *tabella 1.15* e, in particolare, i 2 seguenti:

- costo totale per capienza;
- costo totale per TOT.

Sulla base di questi costi, riferiti ai modelli disponibili, sono state costruite le linee di interpolazione dalle quali derivano le formule di regressione applicabili alle stalle reali che devono essere valutate.

In pratica, sulla base dei grafici riportati nelle *figura 2.14* e *2.15* e delle relative formule indicate a fianco delle linee, è stato possibile stimare i costi unitari corretti, secondo l'assunto che una stalla più grande rispetto al modello di riferimento ha un costo unitario minore, e viceversa.

I valori unitari di partenza per le stalle a cuccette sono sempre quelli dello schema ST2.

La stima del costo di costruzione è di seguito esposta, con riferimento ai 2 parametri individuati:

- costo totale per capienza = $320 \times 4.318 = 1.381.760 \text{ €}$
- costo totale per TOT = $2.650 \times 395 = 1.046.750 \text{ €}$

Il costo stimato è la media arrotondata dei due valori sopra indicati: 1.214.250 €.

Azienda E

Anche questa azienda alleva le proprie vacche da latte in una stalla a cuccette della superficie coperta di circa 1.400 m²; le 130 cuccette sono del tipo a buca utilizzate con lettiera di paglia e sono disposte su più file perpendicolari all'asse longitudinale dell'edificio.

Sone presenti 3 zone di alimentazione ha pavimento pieno con impianto a raschiatore, servita da 2 corsie di foraggiamento.

Il numero di posti alla rastrelliera autocatturante è pari a 120, ciascuno della dimensione di 0,7 m.

La stalla ospita in media 130 capi.

Il corpo mungitura, posto a Ovest della stalla, prevede una sala Parabone con 11+11 poste.

La [tavola 16](#) riporta la planimetria dell'intero centro aziendale, dove è anche riportata la nuova stalla a cuccette in corso di realizzazione. La stalla considerata per il progetto, però, è quella esistente all'avvio del GOI, individuabile a Ovest della nuova stalla in costruzione.

Il procedimento di stima sintetico-comparativo fa riferimento ai costi unitari riportati per lo schema ST2 della [tabella 1.15](#), come di seguito indicato:

- costo totale per capienza = $130 \times 5.384 = 699.920 \text{ €}$
- costo totale per TOT = $1.400 \times 482 = 674.800 \text{ €}$

Il costo stimato è la media arrotondata dei due valori sopra indicati: 687.360 €.

Azienda F

In azienda è presente una stalla con zona di riposo a cuccette ([tavola 17](#)); i pavimenti della zona di alimentazione e delle corsie di smistamento, così come l'intera stalla, sono in forte pendenza longitudinale (4%) allo scopo di favorire la pulizia mediante impianto di ricircolo liquami direttamente sui pavimenti ([figura 2.16](#)).

La stalla ha una superficie coperta di circa 1.470 m² e prevede un settore per vacche in lattazione con zona di riposo a 2 file di cuccette groppa-groppa ([figura 2.17](#)); sul lato Nordovest è presente il blocco mungitura con sala a spina 8+8, l'area parto con 2 box a lettiera e l'area di stabulazione delle vacche asciutte a cuccette su singola fila. Complessivamente sono presenti 88 cuccette.

Con esclusione della zona di mungitura e dei box parto-infermeria, la superficie coperta è pari a

circa 1.130 m².

La stima del costo di costruzione, mediante procedimento sintetico-comparativo, è di seguito esposta, con riferimento ai 2 parametri individuati:

- costo totale per capienza = $88 \times 5.924 = 521.312 \text{ €}$
- costo totale per TOT = $1.130 \times 515 = 581.950 \text{ €}$

Il costo stimato è la media arrotondata dei due valori sopra indicati: 551.630 €.

Azienda G

La stalla che ospita le vacche in lattazione ha corsia di foraggiamento sul lato Est (*figura 2.18*), zona di alimentazione a pavimento pieno e zona di riposo a 3 file di cuccette (*figura 2.19*), con un totale di 109 posti (*tavola 18*); sul lato Ovest è presente il corpo mungitura con sala a spina 8+8 poste. La superficie coperta è pari a 1.410 m².

Alla testata Sud la stalla prevede un prolungamento non in asse, dove vengono ospitate le vacche asciutte e le manze gravide, sempre con cuccette su 3 file e un totale di 52 posti. Questa ulteriore porzione di stalla ha superficie coperta di 930 m².

Nel complesso, quindi, la capienza dei ricoveri è di 161 capi.

Le corsie sono pulite da impianti automatici a raschiatori meccanici.

Al netto della zona di mungitura, la stalla ha superficie coperta totale di circa 2.000 m².

La stima del costo di costruzione, mediante procedimento sintetico-comparativo, è di seguito esposta, con riferimento ai 2 parametri individuati:

- costo totale per capienza = $161 \times 5.109 = 822.549 \text{ €}$
- costo totale per TOT = $2.000 \times 431 = 862.000 \text{ €}$

Il costo stimato è la media arrotondata dei due valori sopra indicati: 842.270 €.

2.1.2. Il calcolo del costo di produzione del latte – Stato di fatto

Con riferimento allo stato di fatto, è stato calcolato per ogni azienda il costo di produzione del latte, tramite metodologia Milk Money.

La metodologia per il costo di produzione del latte si basa sulla rilevazione di dati tecnici ed economici dell'azienda, che vengono poi elaborati con un software on-line denominato Milk Money.

La raccolta dei dati avviene con una specifica *checklist* che contempla diversi capitoli, ciascuno riferito a una macroarea tecnica o economica.

La fase di input dei dati aziendali permette di inserire nelle caselle dei singoli capitoli indicati dal

programma i dati aziendali relativi alle aree di seguito indicate.

Utilizzazione del suolo

In questa categoria va specificata la modalità di utilizzo dei terreni agricoli in proprietà e in affitto.

Allevamenti

E' una categoria più complessa, dove vengono specificate le consistenze, le compravendite delle produzioni animali, le razioni alimentari e l'efficienza tecnica dell'allevamento.

Fabbricati

Vengono specificate le tipologie di fabbricati utilizzati per l'attività agricola e il programma stima poi il loro valore a nuovo.

Macchine

Vengono specificate le tipologie di macchine utilizzate per l'attività agricola e viene stimato il loro valore a nuovo.

Manodopera

Vengono specificate le unità lavorative presenti in azienda e il loro impegno in azienda.

Flussi di cassa

Vengono specificate le entrate (i ricavi) e gli esborsi monetari (costi) effettivamente sostenuti dall'imprenditore agricolo nel corso dell'anno.

Nelle categorie sopraindicate ricadono tutte le informazioni utili al calcolo del costo di produzione del latte e alla redditività delle aziende. Vi sono comunque delle scelte metodologiche ben precise che sono chiarite di seguito:

- il costo del capitale fondiario viene valutato in base al valore di affitto medio della terra nella zona in cui l'azienda opera;
- gli ammortamenti prevedono la raccolta dei dati tecnici relativi al parco macchine e ai fabbricati. Non vengono richieste informazioni sui mutui o sui prestiti di conduzione, perché l'analisi è prettamente economica e non finanziaria. Gli investimenti vengono valutati al nuovo e sulla metà del valore a nuovo si calcolano le quote di ammortamento e gli interessi sul capitale investito;
- gli interessi sul capitale agrario e sul capitale di anticipazione sono calcolati a un tasso pari alla media del rendimento dei BOT a 12 mesi, in base al principio del costo di opportunità;
- per la manodopera, il costo del lavoro familiare viene calcolato in base ai tempi di lavoro effettivamente svolti dal conduttore e della sua famiglia. Un prospetto apposito rileva le ore di lavoro impiegate per l'allevamento bovino e la produzione di foraggio aziendale. Alle ore di lavoro familiare viene attribuita una tariffa oraria in vigore per i lavoratori salariati negli allevamenti. Tale tariffa è comprensiva delle mensilità aggiuntive. Gli oneri sociali sul lavoro familiare vengono rilevati a parte; a questo valore si sommano gli importi effettivamente pagati per la manodopera salariata presente in azienda.

Tutte le informazioni raccolte permettono di calcolare il costo di produzione del latte riferito ai 100 kg di latte prodotto e alla singola vacca allevata; inoltre, si può ottenere una serie di indicatori di reddito, fra i quali:

- **COSTI DIRETTI**, somma di tutte le spese relative agli input aziendali effettivamente

sostenute per la produzione del latte;

- COSTI INDIRETTI, somma di tutte le spese relative ai fattori di produzione (terra, capitali e lavoro) effettivamente sostenute oppure calcolate;
- COSTO TOTALE, somma dei costi diretti e dei costi indiretti;
- PROFITTO, differenza tra ricavi totali e costi totali;
- REDDITO FAMILIARE (RICAVI TOTALI), profitto + costo terra in proprietà + costo lavoro familiare + interessi sul capitale investito e sul capitale di anticipazione;
- REMUNERAZIONE ORARIA, (profitto + costo lavoro familiare + costo lavoro salariato) / (ore lavoro familiare + ore lavoro salariato);
- PUNTO DI PAREGGIO, (costo totale - ricavi carne - contributi - altri ricavi) - (costo terra in proprietà + costo lavoro familiare + costo interessi capitale).

Gli indicatori economici sono poi corredati da tutti gli indici tecnici aziendali utili a interpretare gli indici economici e capire se le scelte tecniche dell'allevatore sono in linea con quelle di aziende simili operanti nella zona, oppure no.

I prospetti riassuntivi relativi alle elaborazioni del costo di produzione del latte ex-ante delle 7 aziende partner sono inseriti nel file *MM Elaborazioni CB 2017.xls* presente nell'[Allegato 4– Archivio MM](#). In particolare, il primo foglio del file, denominato *tabella 2.1*, riporta i principali dati economici e tecnici di ogni azienda, allo scopo di fornire un quadro d'insieme facilmente leggibile e confrontabile.

I ricavi totali delle 7 aziende sono molto variabili; parametrando il ricavo al numero di vacche, si va da un minimo di 3.924 a un massimo di 8.842 €/vacca, con una media che si attesta sui 6.746 €/vacca, riferibili a un stalla “media” di 208 vacche. Il valore più basso, dell'azienda B, è giustificato dal fatto che questo allevamento è l'unico del lotto che ospita vacche di razza Reggiana, notoriamente meno produttive delle Frisone.

Infatti, se si osservano gli stessi ricavi totali, ma parametrati ai 100 kg di latte prodotto, si nota che l'azienda B è quella con il valore maggiore (80,97 €), proprio perché la produzione totale di latte è nettamente minore (4.847 kg/vacca, contro una media delle altre 6 aziende di 10.219), ma il latte viene pagato di più, per la maggiore resa casearia.

Sul versante dei costi, sono esposti innanzitutto quelli diretti, cioè quelli espliciti, sostenuti per l'acquisto di mezzi di produzione e di servizi; il totale di questi costi è in media pari a 38,21 €/100 kg, ma con una notevole variabilità (da poco più di 14 € a oltre 51 €).

Il costo totale dei fattori della produzione (capitale fondiario, capitale agrario, manodopera) è variabile da un minimo di 10,53 a un massimo di 50,58 €/100 kg, con un valore medio di 20,45 €. Per questo sottotale, ovviamente, ha molta rilevanza il fatto che l'azienda abbia sostenuto recenti investimenti in miglioramenti fondiari, come la costruzione di una nuova stalla.

Il costo di produzione totale del latte, quindi, ha un valore medio di 58,67 €/100 kg, con un minimo

per l'azienda E di 29,46 € e un massimo per l'azienda B di 93,17 €.

I risultati economici finali si traducono in un profitto medio di 13,83 €/100 kg, ma con un'azienda che subisce una perdita (-12,20 €). Il profitto più alto si attesta sui 39 €/100 kg.

Ma il dato più interessante è il reddito familiare, che varia da un minimo di 14,84 a un massimo di 46,50 €/100 kg (media di 23,35 €/100 kg).

2.2. Introduzione di compost barn nei casi reali

Lo scopo di questa attività era quello di valutare dal punto di vista tecnico e dal punto di vista economico il passaggio dalla stabulazione effettivamente presente in azienda alla stabulazione in compost barn.

Ovviamente, per 3 delle 7 aziende tale passaggio è reale, in quanto queste aziende hanno fatto progetti e investimenti in nuove stalle compost, allo scopo di modificare le tecniche di allevamento convenzionali, mentre per le rimanenti 4 aziende il passaggio è valutato dal punto di vista prettamente teorico, andando a definire gli interventi di ristrutturazione necessari per trasformare le stalle esistenti in stalle a compost, nella consapevolezza che nessuna di queste 4 aziende è effettivamente interessata a mettere in atto questa trasformazione.

Per le 3 prime aziende la situazione di partenza è differente; infatti, mentre per le aziende B e C le stalle compost erano già presenti all'avvio del progetto GOI e, quindi, la situazione post corrisponde alla situazione ante (la stessa già descritta nel paragrafo 2.1.1), per l'azienda A la nuova stalla compost è stata progettata in concomitanza con l'avvio del GOI e la sua costruzione è iniziata nel mese di aprile del 2018.

Per questa azienda, purtroppo, si sono verificate notevoli problematiche legate dapprima a ritardi nella concessione del permesso di costruire e nell'attribuzione degli aiuti all'investimento, poi a difficoltà sorte in fase di realizzazione (fallimento della ditta costruttrice). Tutto ciò ha portato a una situazione di estrema difficoltà per l'azienda, che nel frattempo aveva iniziato il processo di aumento della mandria, in prospettiva di avere la nuova stalla. Questa situazione non ha inciso sulle attività previste nell'Azione 2, perché il progetto della stalla nuova è disponibile, mentre ha influito negativamente sulle attività previste nell'Azione 3, come si dirà nel capitolo 3.

2.2.1. Le stalle delle aziende con compost barn – Stato di progetto

Azienda A

La nuova stalla compost, progettata per una mandria di 104 vacche suddivise in 2 gruppi, è destinata a sostituire sia la stalla a stabulazione fissa, che sarà destinata ad altri usi, sia l'attuale stalla a compost, che diventerà ricovero per manze e per isolamento temporaneo di vacche con problemi o da sottoporre a interventi.

La struttura è del tipo prefabbricato a travi e pilastri di acciaio zincato, con una superficie di circa 1.840 m², alla quale va aggiunta la superficie dell'area dei servizi, di 300 m², che comprende anche

la zona di mungitura con 2 stazioni robotizzate.

La stalla prevede a Nord la corsia di foraggiamento, alla quale segue la zona di alimentazione a pavimento pieno pulita da raschiatore meccanico e infine l'ampia zona di riposo a lettiera compost, dalla quale le vacche accedono al robot di mungitura.

L'alimentazione prevista è del tipo *unifeed*.

La pianta e le sezioni della stalla sono riportate nella [tavola 19](#).

Questa stalla è stata progettata dal CRPA, quindi è disponibile il computo metrico estimativo redatto con riferimento al Prezzario edilizia rurale CRPA (aggiornamento e ampliamento del Prezzario Regionale Agricoltura dell'Emilia-Romagna), che è riportato integralmente nell'[Allegato 3–Archivio CME](#).

Il costo stimato della sola stalla ammonta a 573.900 €, al quale va aggiunto il costo delle opere esterne di stoccaggio degli effluenti, per un importo pari a 80.720 €, per un costo totale di 654.620 €; sono esclusi l'impianto di mungitura, l'area dei servizi, le spese tecniche e l'IVA di legge. Con tali esclusioni, il costo diventa confrontabile con quelli ottenuti dagli schemi di progetto realizzati nell'Azione 1.

I principali costi unitari parametrici sono i seguenti:

- totale per capienza = 6.294 €/vacca
- totale per capienza, solo corpo stalla = 5.518 €/vacca
- totale per STA, solo corpo stalla = 318 €/m²
- totale per TOT = 296 €/m²

Tali costi sono in linea con quelli della tipologia CBN2, di caratteristiche simili, a conferma del buon lavoro svolto in sede di allestimento degli schemi di progetto delle stalle e di computazione dei costi di costruzione.

Il costo totale da computo, compreso il corpo mungitura completo di 2 robot di mungitura, è pari a 1.050.287 €.

Azienda B

Vale quanto già illustrato al paragrafo 2.1.1.

Azienda C

Vale quanto già illustrato al paragrafo 2.1.1.

2.2.2. Le stalle delle altre aziende – Stato di progetto

Azienda D

L'ipotesi di ristrutturazione di questa stalla in compost barn viene attuata con procedimento di stima sintetica per costi unitari parametrici. Infatti, il lavoro svolto nell'Azione 1 ha interessato anche la stima analitica dei costi di trasformazione di stalle convenzionali in stalle compost e i dati ottenuti rendono superflua la computazione analitica dei costi, a mezzo di computo metrico estimativo, per le stalle convenzionali delle aziende partner, come era stato inizialmente prospettato nella stesura dell'Azione 2 del progetto GOI.

Come detto in precedenza, il procedimento di stima sintetico-comparativo conduce alla previsione del più probabile valore di costo di un progetto attraverso la sua comparazione con progetti simili già realizzati e dei quali sia noto il costo di ristrutturazione.

Nel caso di questa e delle successive stalle, i costi unitari di riferimento sono quelli riportati nella [tabella 1.16](#) e, in particolare, quello seguente:

- costo totale per TOT.

Per questa stalla lo schema di riferimento è CBR3. La stima del costo di ristrutturazione è di seguito esposta:

- costo totale per TOT = $2.650 \times 126 = 333.900 \text{ €}$

Azienda E

Si procede nello stesso modo già applicato alla stalla precedente, cioè con stima sintetico-comparativa che fa riferimento ai costi unitari di ristrutturazione della [tabella 1.16](#).

Per la stalla di questa azienda si adotta il costo unitario dello schema CBR2:

- costo totale per TOT = $1.400 \times 109 = 152.600 \text{ €}$

Azienda F

Si procede nello stesso modo già applicato alle 2 stalle precedenti, cioè con stima sintetico-comparativa che fa riferimento ai costi unitari di ristrutturazione della [tabella 1.16](#).

Anche per questa stalla si adotta il costo unitario parametrico dello schema CBR2:

- costo totale per TOT = $1.130 \times 109 = 123.170 \text{ €}$

Azienda G

Si procede nello stesso modo già applicato alle 3 stalle precedenti, cioè con stima sintetico-comparativa che fa riferimento ai costi unitari di ristrutturazione della [tabella 1.16](#).

Per la stalla di questa azienda si adotta un costo unitario pari alla media dei due costi parametrici degli schemi CBR2 e CBR3, in quanto la capienza di questa stalla si colloca a metà strada fra quelle dei due schemi:

- costo totale per TOT = $2.000 \times 117 = 234.000 \text{ €}$

2.2.3. Il calcolo del costo di produzione del latte – Stato di progetto

Questo calcolo, erroneamente inserito in questa Azione nella stesura del progetto, è in realtà inserito nuovamente e giustamente nell'Azione 4, perché per poter svolgere la stima del costo di produzione del latte è necessario stimare una serie di valori che hanno attinenza con la gestione delle stalle CB; questi valori derivano dalle analisi svolte nell'Azione 3 e nella stessa Azione 4.

Quindi, per questa parte si rimanda alla Fase 2 dell'Azione 4 (paragrafo 4.1).

3. Azione 3 – Verifiche di campo in 3 aziende pilota

Le 3 aziende interessate da questa Azione sono la A, la B e la C; per la prima azienda, però, come già anticipato in precedenza, si sono verificati problemi durante la costruzione della nuova stalla compost, che hanno reso impossibile il suo completamento in tempi utili per lo svolgimento delle attività del progetto.

In pratica, per queste attività è stato necessario rinunciare alla stalla nuova (che ancora deve essere terminata), scegliendo di svolgere le stesse attività nella stalla compost già esistente nella stessa azienda e individuando un'altra azienda, al di fuori del partenariato, disponibile a collaborare a titolo gratuito nell'ambito del progetto. La nuova azienda individuata viene identificata dalla lettera H ed è dotata di 2 stalle a compost molto simili come *layout* e di recente costruzione; in questa nuova azienda sono stati raccolti i dati sanitari, comportamentali e gestionali.

3.1. Verifiche post-realizzazione

Questa fase elencava una serie di verifiche da attuarsi nelle stalle pilota, con riguardo soprattutto al tipo di materiale da lettiera, alle superfici utili di stabulazione nella zona di riposo, alle tecniche di lavorazione della lettiera e all'impiego dei ventilatori di soccorso per la limitazione dello stress termico estivo.

Di fatto, le uniche attività possibili, perché non troppo impattanti sulla normale gestione della stalla e non lesive del benessere animale, sono state la verifica di diverse tipologie di lettimi e la verifica dei sistemi di lavorazione della lettiera.

Per quanto riguarda le superfici di stabulazione, il confronto è stato possibile solo fra stalle diverse, che adottano parametri differenti e che possono essere dotate di spazi aggiuntivi all'esterno del fabbricato.

Azienda A

Per questa azienda, come detto, non è stato possibile svolgere le attività nella nuova stalla CB, perché questa non è stata terminata in tempi utili per lo svolgimento delle prove (*figura 3.1*).

Ci si è quindi limitati a verificare la gestione della stalla CB già presente in azienda e allestita dagli stessi allevatori al disotto di una tettoia di 300 m² già presente in azienda (*figura 3.2*). Non si può dire che sia una stalla CB progettata secondo i più moderni canoni di riferimento, soprattutto per la mancanza di una zona di alimentazione separata dalla zona di riposo e per una superficie utile unitaria limitata, ma il sistema consente l'allevamento di circa 40-42 vacche in latte con discreta soddisfazione da parte degli allevatori.

L'azienda si è trovata in grande difficoltà non solo perché il completamento della stalla nuova è andato molto a rilento e poi si è praticamente fermato, ma anche per il fatto che, in previsione dell'aumento della mandria a 104 vacche, gli allevatori avevano iniziato a tenere tutta la rimonta,

che quindi è arrivata alla fase di produzione senza aver la possibilità di essere trasferita nel nuovo ricovero.

L'attuale situazione prevede il fatto che le vacche in latte sono allevate in parte nella stalla fissa e in parte nella vecchia stalla CB, ma in questo secondo caso la mungitura è fatta alla rastrelliera, con gruppi di mungitura mobili (*figura 3.3*), in un apposito box, con grande dispendio di tempo e di energie.

La lettiera della CB è in segatura di pino e la gestione prevede la lavorazione con erpice 2 volte al giorno, con animali bloccati alla rastrelliera; l'operazione richiede circa 10 min.

Ogni settimana la lettiera viene completamente svuotata, con telescopico semovente che trasporta il materiale nella concimaia, e poi con la stessa macchina si provvede a ricostituire il letto di segatura fresca; si impiegano ogni volta 4 sacconi di segatura da 600 kg ciascuno, per un totale di 2.400 kg/settimana. L'operazione complessiva richiede dalle 2 alle 3 h.

Azienda B

Nella stalla di quest'azienda le vacche asciutte sono state introdotte alla fine del 2016, mentre per le vacche in lattazione si è dovuto aspettare il completamento dell'impianto di mungitura della nuova sala.

La zona di riposo, di 720,4 m², è stata riempita con un materiale da lettiera acquistato da Iren, rappresentato da compost vagliato derivante da compostaggio di scarti verdi da raccolta differenziata, il cosiddetto giro verde. La scelta di questo materiale, decisa in autonomia dall'azienda per motivi di basso costo, ha però imposto al gruppo di lavoro una verifica preliminare, per il fatto che questo tipo di materiale non aveva delle buone referenze a livello bibliografico per l'allevamento delle vacche da latte, fatto del quale l'azienda era stata informata.

In particolare, esperienze in Olanda avevano evidenziato possibili problemi di inquinamento del latte e rischio di aumento delle emissioni ammoniacali, al punto che la più grande cooperativa lattiero-casearia olandese (Friesland Campina) aveva posto il divieto, per i soci conferenti con stalle compost, di usare questo materiale nelle lettiere (vedi paragrafo 1.1.4).

A novembre 2016 l'azienda B ha ricevuto 98 t di materiale da lettiera da Iren (in pratica 8 camion), pagando un prezzo di 17 €/t, compreso il trasporto, decisamente basso rispetto alla media degli altri materiali (come si dirà in seguito).

A febbraio 2017 si è provveduto a fare un'aggiunta di 12 t di materiale (1 camion). In questo stesso mese sono entrate le prime vacche in lattazione.

Lo spessore della lettiera variava da 20 a 30 cm.

Il controllo, non previsto dal progetto, è stato effettuato in gennaio 2017 sul materiale da lettiera; sono state fatte analisi microbiologiche su 3 campioni di lettiera prelevati in diversi punti dell'area di riposo: 1) lettiera a metà stalla; 2) bordo lettiera vicino a zona mungitura; 3) lettiera bordo ovest.

Le analisi sono state fatte dal laboratorio di Iren e non hanno mostrato particolari problemi; le salmonelle risultano assenti in tutti i campioni e per quanto riguarda la conta di *Escherichia coli* il solo campione 2 ha un valore superiore a 30.000 MPN/g TQ, mentre gli altri due campioni hanno valori inferiori a 5.000 MPN/g TQ.

Per fissare il numero massimo di vacche allevabili (VA), bisogna considerare che l'allevamento è biologico; per il Regolamento BIO sono necessari 4,5 m²/capo di paddock esterno, quindi, essendo la superficie del paddock pari a 274,94 m² (46,6x5,9), avremo:

$$VA = 274,94 / 4,5 = \mathbf{61}$$

Con tale capienza, la superficie unitaria di lettiera (Sul) è pari a:

$$Sul = 720,4 / 61 = \mathbf{11,8 \text{ m}^2/\text{capo}}$$

Per la zona di alimentazione abbiamo altri 232,8 m² (60x3,88), pari a una superficie unitaria (Sua) di:

$$Sua = 232,8 / 61 = \mathbf{3,82 \text{ m}^2/\text{capo}}.$$

Quindi, la superficie unitaria totale (Sut) a disposizione degli animali risulta pari a:

$$Sut = 3,82 + 11,8 + 4,5 = \mathbf{20,12 \text{ m}^2/\text{capo}}$$

La tecnica di lavorazione della lettiera prevede l'impiego di un erpice a molle a vari denti, con rullo a gabbia posteriore, portato da trattore da 55 CV. L'operazione, svolta 2 volte/d, avviene in corrispondenza della mungitura, quando le vacche sono chiuse nella zona di alimentazione, e richiede un tempo complessivo di 5-6 min (dall'apertura alla chiusura del cancello esterno). Anche le asciotte sono chiuse in zona di alimentazione oppure nel paddock esterno.

Due volte alla settimana viene fatta una lavorazione più intensa a mezzo di una fresa da lettiera Carbogreen portata da trattore da 70 CV. Questa lavorazione è svolta in genere il martedì e il venerdì, in tarda mattinata, non in corrispondenza della mungitura, mandando gli animali nel paddock esterno, e dura circa 20 min.

Entrambi i tipi di lavorazione rimescolano lo strato superficiale di circa 15 cm di spessore.

E' possibile definire il tempo totale di lavorazione nel seguente modo:

$$12 \text{ lavorazioni/sett con erpice} \times 5 \text{ min} = 60 \text{ min/sett}$$

$$2 \text{ lavorazioni/sett con fresa} \times 20 \text{ min} = 40 \text{ min/sett}$$

A metà marzo sono stati avviati i ventilatori di tipo “elicottero” previsti sulla zona di riposo; questi ventilatori, che creano una “cascata d'aria” sulle aree di stabulazione, vengono utilizzati per limitare lo stress termico estivo a carico delle bovine, ma possono essere utili anche per aumentare l'evaporazione dell'acqua dalla lettiera, quindi per rendere più asciutta e confortevole la superficie di riposo. L'azionamento a marzo è stato comandato manualmente, perché la centralina era già impostata per l'estate e quindi con le temperature di marzo non avrebbe comandato l'avvio dell'impianto; i ventilatori sono stati settati su una velocità del 40% rispetto alla massima possibile.

Una prima valutazione ha riguardato le caratteristiche della lettiera. Lo strato di lettiera è alto mediamente 0,25 m e occupa una superficie di 720 m², quindi abbiamo circa 180 m³ di materiale fresco; il peso di volume indicativo può essere stimato in: $(98+12) / 180 = 0,611 \text{ t/m}^3 \approx 600 \text{ kg/m}^3$, decisamente più elevato rispetto agli altri materiali da lettiera, come si dirà in seguito.

L'azienda ha previsto l'installazione di 4 stazioni di auto-alimentazione nel paddock esterno pavimentato; le stazioni sono disposte con il lato lungo destro contro il muro esterno della stalla e sono state modificate per adattarsi ad animali con le corna; infatti, l'azienda alleva vacche di razza Reggiana con le corna integre, perché l'allevamento è biologico e biodinamico. In particolare, è previsto un cancello anteriore-laterale (lato sinistro) del tipo a spinta. Posteriormente è presente un cancello a due ante con chiusura/apertura pneumatica.

La lavorazione del latte avviene nella Latteria Sociale Cooperativa La Rinascente, in un doppiofondo dedicato che viene turnato ogni settimana. Con il latte dell'azienda si riescono a produrre 2 forme/d di Parmigiano Reggiano. Le forme appena prodotte vengono contrassegnate e una volta nella sala spersori ricevono il timbro dell'azienda.

Allo scopo di verificare l'assenza di problemi nel formaggio, si è provveduto a prelevare 10 forme nuove dell'allevamento, le prime fatte con il latte delle vacche allevate nella nuova stalla, e a fare il controllo alla macchina ai raggi X da parte del tecnico specializzato. La macchina scansiona la forma e ne evidenzia eventuali imperfezioni, come cavità più o meno grandi dovute alla presenza di sacche di gas derivante da fermentazioni anomale (propionici o butirrici). Se non si presentano problemi in questa fase, si è scongiurato il 60-70% dei problemi della forma, anche se poi possono subentrare i gonfiori tardivi. L'operazione è piuttosto rapida e semplice, una volta che si hanno comode le forme (*figura 3.4*).

Il controllo ha dato esito negativo: 10 forme su 10 senza problemi.

Ma a luglio 2017 è stata fissata una riunione di urgenza presso l'azienda, a causa di problemi seri che si stavano evidenziando nel formaggio in caseificio; era presente anche il chimico del caseificio, oltre al tecnico dell'impianto di mungitura TDM.

Secondo il chimico le problematiche al formaggio (gonfiori) sarebbero dovute a fermentazione da batteri **propionici** e non da butirrici sporigeni, ma non ci sono ancora riscontri analitici, che dovrebbero essere fatti a breve.

Vista la gravità della situazione, che ha coinvolto l'intera produzione di forme degli ultimi 4 mesi, si decide di svuotare completamente la lettiera e provvedere a pulizia e disinfezione del pavimento della zona di riposo e alla successiva ricostituzione della lettiera con diverso materiale.

Inoltre, visto che alcune procedure della routine di mungitura non sono state valutate positivamente, sono state proposte modifiche, cioè l'esecuzione del pre-dipping e l'asciugatura con fazzoletti di carta monouso. Infatti, benché in allevamento non ci siano casi importanti di mastite, non si può escludere a priori che i problemi del formaggio derivino anche da trasmissione di batteri in sala di mungitura.

Sono state fatte misure della temperatura della lettiera in diversi punti: i valori sono risultati compresi fra 29 e 35 °C, con temperatura ambiente di circa 30 °C. La lettiera si presenta molto secca e polverosa nello strato superficiale (circa 10 cm), mentre nello strato sottostante (circa 20 cm) è dura e compatta, al punto che si fa fatica a inserire l'asta del termometro. L'impressione è che non ci sia nessuna attività di compostaggio. Sembra che la lettiera abbia perso troppa umidità, in seguito alle lavorazioni forse troppo frequenti e all'azione dei ventilatori "elicottero".

Gli animali sono apparentemente puliti e privi di aree imbrattate di feci/lettiera, ma gli allevatori sostengono che in mungitura le mammelle sono ricoperte da una polvere nera finissima, non visibile a occhio, ma riscontrabile pulendo con carta.

Anche durante la lavorazione con erpice si solleva molta polvere scura.

Nuove analisi microbiologiche sono state fatte proprio in questo periodo di passaggio dalla lettiera con compost Iren alla nuova lettiera con segatura.

Le analisi sono state fatte dal laboratorio CReA di Castelnovo Sotto (RE) su 3 campioni di latte prelevati in diversi momenti con substrati differenti e con diversa routine di mungitura: 1) lettiera compost Iren con vecchia routine di mungitura; 2) lettiera compost Iren con nuova routine di mungitura; 3) lettiera di segatura con nuova routine di mungitura.

Sono state rilevate la carica batterica totale, la conta di spore da butirrici e la conta di batteri propionici.

Sui primi due parametri non si evidenziano differenze significative, mentre sul terzo parametro il valore del campione 3 è più basso di quello degli altri due (290 contro 590-705 Ufc/ml); ciò farebbe supporre che i batteri propionici si riducano con la lettiera di segatura e la nuova routine di mungitura.

Il chimico del caseificio ha confermato che l'inquinamento del latte che ha creato problemi al formaggio deriva da batteri propionici, mentre sono state rilevate spore da butirrici in quantità poco rilevante.

Il passaggio alla nuova lettiera di segatura ha previsto lo svuotamento completo della zona di riposo e la distribuzione sul pavimento libero di calce idrata, che ha potuto agire per circa 1 h. Successivamente è iniziato il riempimento con il nuovo materiale.

La segatura è stata acquistata da un rivenditore mantovano; la prima consegna è stata fatta con 3 camion da 40 m³ ciascuno e con un camion da 35 m³, per un totale di 155 m³ di segatura.

Si tratta di segatura di pioppo della pianura, con una piccola aggiunta di segatura di pino della Maremma. Lo stesso materiale viene anche fornito ad altre aziende del reggiano, fra le quali l'azienda A del GOI.

E' stato possibile fare una verifica diretta su uno degli autocarri che ha trasportato la segatura; il camion in questione (*figura 3.5*) ha scaricato 7.970 kg di segatura, in quanto pesava 14.810 kg a vuoto e 22.780 kg a pieno carico. Il costo totale sostenuto è risultato pari a 597,75 € +IVA 10%. Quindi, il prezzo unitario è pari a 75 €/t + IVA.

Il peso di volume indicativo della segatura per i 3 camion da 40 m³ sarebbe:

$$PV = (7970+8480+8980) / (40 \times 3) = 212 \text{ kg/m}^3$$

Ma la valutazione del peso di volume è stata condotta con un procedimento standard che fa riferimento, per questo tipo di materiale, alla massa sterica riversata. Infatti, il volume della segatura in cumuli può essere valutato con il metro stero (ms), che è un metrocubo che considera i pieni e i vuoti della massa; in particolare, si utilizza il metro stero riversato (msr), dal quale deriva la massa sterica riversata (kg/msr).

Le modalità di lavoro che si sono adottate sono indicate di seguito.

Si utilizza un secchio da 15 l e uno strumento per la determinazione della massa (una bilancia di precisione o un dinamometro). Si procede al riempimento del secchio prelevando con guanti la segatura dal cumulo in vari punti, sia superficialmente che più in profondità. La massa nel secchio non deve essere compressa. Quindi, si procede alla pesatura, sottraendo poi il peso del secchio (tara). Per ogni verifica, l'operazione si ripete per 3 volte, avendo così 3 valori di peso. Di seguito i risultati della prima prova:

- secchio 1, riversato netto = 2,445 kg
- secchio 2, riversato netto = 2,352 kg
- secchio 3, riversato netto = 2,222 kg
- valore medio = 2,3397 kg
- massa sterica riversata = $(2,3397 \text{ kg} \times 1000 \text{ l}) / 15 \text{ l} = 156 \text{ kg/msr}$

Ovviamente, questo valore risulta inferiore a quello indicativo prima calcolato, perché la segatura nel camion è in strato molto più alto, quindi gli strati inferiori sono più compattati.

E' stata condotta anche una prova con compressione della segatura, allo scopo di avere un valore di riferimento in condizioni operative (segatura schiacciata dal peso degli animali). Gli stessi 3 secchi precedenti, dopo la pesatura, sono stati compressi a mano, con il peso del copro, provvedendo ad aggiungere segatura per riportare a livello il secchio. I valori ottenuti sono i seguenti:

- secchio 1, riversato netto compresso = 3,709 kg
- secchio 2, riversato netto = 3,604 kg
- secchio 3, riversato netto = 3,594 kg
- valore medio = 3,636 kg
- massa sterica riversata = $(3,636 \text{ kg} \times 1000 \text{ l}) / 15 \text{ l} = 242 \text{ kg/msr}$

Quindi, dopo compattamento la massa sterica aumenta del 55% circa. E' quindi molto probabile che nella massa della lettiera, con deiezioni aggiunte e assorbimento di liquidi (e una maggiore compressione data dalle vacche), il lettime raddoppi la sua massa rispetto allo stato vergine riversato, così come normalmente si considera nei calcoli di produzione di effluenti.

Un mese dopo le precedenti prove, quindi con lettiera già assestata, si è proceduto a fare le verifiche della massa sterica sulla lettiera stessa. Il procedimento è del tutto simile a quello descritto in precedenza, con la sola differenza che il materiale inserito nel secchio è lettiera prelevata in vari punti della zona di riposo.

Sono stati fissati 3 punti della zona di riposo, più o meno sull'asse centrale longitudinale, avendo come riferimenti i pilastri della struttura portante; il prelievo, fatto a mano con guanti di lattice e con l'aiuto di una paletta metallica, ha previsto la disgregazione dello strato duro inferiore.

Punto 1: box asciutte, a metà fra 2° e 3° pilastro, massa di 3,73 kg;

$$\text{massa sterica riversata} = (3,73 \text{ kg} \times 1000 \text{ l}) / 15 \text{ l} = 249 \text{ kg/msr}$$

Punto 2: box lattazione, a metà fra 4° e 5° pilastro, massa di 4,68 kg;

$$\text{massa sterica riversata} = (4,68 \text{ kg} \times 1000 \text{ l}) / 15 \text{ l} = 312 \text{ kg/msr}$$

Punto 3: box lattazione, a metà fra 7° e 8° pilastro, massa di 5,03 kg.

$$\text{massa sterica riversata} = (5,03 \text{ kg} \times 1000 \text{ l}) / 15 \text{ l} = 335 \text{ kg/msr}$$

La media dei valori rilevati è pari a circa 300 kg/msr.

Dagli stessi 3 secchi prelevati sono stati fatti 3 campioni in buste di plastica, da portare al laboratorio CRPA per la verifica dell'umidità della massa. I risultati sono i seguenti:

Punto 1: 35,2% (64,8% di ss)

Punto 2: 51,7% (48,3% di ss)

Punto 3: 48,9% (51,1% di ss)

In concomitanza di queste analisi, si è fatta la verifica della temperatura della lettiera in vari punti,

sia nel box asciutte che in quello lattazione, con apposito termometro ad asta (*figura 3.6*). Nel primo box sono state rilevate temperature comprese fra 29 e 30,4 °C, mentre nel secondo le temperature erano comprese fra 38 e 40 °C.

La temperatura ambiente e l'umidità relativa nel momento delle verifiche, dalla sonda Hobo installata in stalla, erano rispettivamente 32 °C e 45% (primo pomeriggio).

Le verifiche della temperatura della lettiera sono state ripetute più volte in diversi sopralluoghi nei mesi successivi, rilevando valori di 25-33 °C nel box delle asciutte e di 28-36 °C nel box delle vacche in latte, anche se nelle aree più calpestate e bagnate i valori si abbassavano a 24-26 °C.

La temperatura ambiente e l'umidità relativa nel momento delle verifiche sono variate da 17 a 21 °C e da 52 a 64% (primo pomeriggio).

Nel mese di ottobre 2018 gli allevatori hanno ricevuto la comunicazione dal caseificio che si stavano evidenziando di nuovo problemi al formaggio, su forme di circa 3 mesi, con occhiature di tipo propionico. Le forme che avevano problemi erano di aprile 2018, ma secondo l'alimentarista dell'azienda le analisi del latte di quel periodo non mostravano alcun problema.

Si è deciso, quindi, di fare ulteriori analisi microbiologiche sulla lettiera, raccogliendo i campioni in vari punti: 1) lettiera prossima alla zona di mungitura; 2) lettiera vergine raccolta dallo stoccaggio; 3) lettiera non lavorata al centro della stalla.

Le analisi sono state affidate all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna, sezione di Reggio Emilia.

I risultati mostrano la totale assenza di salmonelle, la presenza rilevante di *Escherichia coli* nel campione 3 e bassa negli altri due campioni e una carica batterica totale molto variabile, ma comunque più limitata nella segatura vergine. Infine, la conta degli anaerobi (fra cui i butirrici) mostra una presenza di 40 Ufc/g nel materiale vergine e di 130-220 Ufc/g negli altri campioni.

Una considerazione che è scaturita dal gruppo di lavoro è quella relativa all'umidità della segatura di pioppo, che deriva dal taglio delle piante e non da legno essiccato; un'umidità del 30-35%, come quella della segatura attualmente in uso, può causare problemi, perché in stoccaggio può fermentare. Bisognerebbe farsi portare segatura appena prodotta e stenderla subito in stalla, per favorire la asciugatura e scongiurare una fermentazione prima dell'immissione in stalla.

In alternativa, è stato valutato l'acquisto di segatura secca di abete/pino, che costa di più ma è più secca, quindi alla fine potrebbe convenire, perché se ne dovrebbe consumare meno.

Si è deciso di svuotare completamente la zona di riposo e di provvedere a un'accurata disinfezione con calce.

La gestione invernale dell'area è stata modificata (visti i ripetuti problemi proprio in concomitanza con i periodi freddi e umidi dell'anno), con passaggio a una gestione tradizionale a paglia, senza lavorazione, per poi riprendere la gestione a compost quando la stagione sarà migliore.

Questa è una prima importante indicazione tecnica per il progetto: nell'ambiente climatico della pianura emiliana risulta piuttosto difficile mantenere una buona funzionalità della lettiera compost durante i mesi freddi, soprattutto a causa dell'elevata umidità, che limita fortemente l'evaporazione dalla massa, con effetti negativi sullo stato di pulizia della zona di riposo e conseguentemente degli animali.

In seguito agli eventi sopra descritti, l'azienda ha deciso di rifornirsi di segatura di conifere proveniente dal Trentino; questo materiale risulta più secco della segatura di pioppo ed è stato possibile acquistarlo a prezzi convenienti, anche per l'evento contingente del tornado che ha abbattuto migliaia di alberi in quella provincia, con il conseguente crollo dei prezzi dei materiali legnosi.

La stalla è tornata al funzionamento “compost barn” nella primavera del 2019, con l'immissione della nuova segatura per uno strato continuo dello spessore di circa 30 cm. I rilievi sulla lettiera non hanno mostrato significative differenze rispetto alla situazione precedente, ma bisogna sottolineare il buon livello di pulizia degli animali e l'ottimo sostegno che la lettiera fornisce al passo delle bovine.

A livello generale, è giusto ribadire il fatto che la stalla è dotata di un paddock esterno sempre fruibile; inoltre, nella bella stagione gli animali possono accedere ad aree di pascolo delimitate con recinto elettrico. Ovviamente, tutto ciò consente un alleggerimento della lettiera in termini di peso vivo e di deiezioni deposte, con benefici in termini di pulizia della zona di riposo, ma questa situazione è sempre stata presente, anche quando si utilizzavano altri lettimi.

Si può concludere, quindi, che il problema principale non è tanto il tipo di substrato utilizzato per la zona di riposo (pur essendoci differenze non trascurabili), quanto invece la stagione invernale, che con la sua elevata umidità dell'aria crea ostacolo ai processi di evaporazione della frazione liquida della lettiera.

Azienda C

La stalla CB di quest'azienda ospita vacche asciutte, manze gravide e bovine nel pre-parto e parto. Gli animali erano già presenti all'avvio del progetto GOI.

Questa stalla è dotata di un impianto di insufflazione di aria dal pavimento, allo scopo di aumentare l'arieggiamento della lettiera e favorire la fermentazione aerobica; l'impianto è costituito da una pompa posizionata in pozzetto interrato e da una rete di tubazioni disposta sotto al pavimento, con elementi diffusori che arrivano alla superficie del pavimento stesso. Bisogna però dire che tale impianto, durante le attività del progetto, non ha mai funzionato; infatti, si sono verificati problemi di allagamento del pozzetto e delle tubazioni, a causa di forti piogge, che hanno comportato la rottura del motore della pompa insufflatrice d'aria. A quel punto, i titolari hanno preferito lasciare perdere l'impianto, che comunque non aveva convinto pienamente.

All'inizio la zona di riposo, di 722,8 m², è stata riempita con fibra di cocco; questo materiale è stato impiegato per circa 14 mesi e allo svuotamento totale della zona di riposo lo spessore della lettiera era di circa 70 cm.

Il giudizio degli allevatori su questo materiale è molto positivo per gli aspetti tecnici (facile distribuzione, buon sostegno al passo, elevato potere assorbente, ottima lavorabilità), ma negativo per l'aspetto economico; infatti, il materiale è molto richiesto anche per altri impieghi (bio-edilizia, lettiera polli, lettiera cavalli ecc.) e quindi la domanda supera l'offerta, con il risultato che il prezzo di vendita è sempre molto alto: i preventivi che l'azienda ha ricevuto per la consegna di questo materiale in balloni o in mattoni pressati si attestano sui 300 €/t, ma le attuali quotazioni possono arrivare anche a 500 €/t, a seconda del tipo di confezionamento; bisogna però considerare che la fibra di cocco ha un potere assorbente molto maggiore di quello degli altri lettimi normalmente usati per la CB, pari a 8-9 volte il proprio peso.

Non è stato possibile fare verifiche di questo materiale nell'ambito del GOI, perché all'avvio delle attività non c'era già più. E' però utile avere avuto i riscontri da parte degli allevatori, che sono in linea con quanto poi verificato presso altri allevatori che hanno utilizzato questo lettimo.

Abbandonata la fibra di cocco, l'azienda è passata alla classica segatura di pioppo, portando lo strato di lettiera a circa 70 cm prima dello svuotamento. Questo tipo di lettimo si presta bene all'allestimento di una CB, anche se l'umidità del materiale vergine è un po' troppo alta e può ingenerare fermentazioni anomale già in fase di stoccaggio.

Per i mesi di controllo la lettiera non ha mostrato particolari problemi, anche se la temperatura degli strati più profondi non ha mai superato i 30-32 °C, quindi decisamente al di sotto dei valori di riferimento per una buona attività di compostaggio.

L'azienda ha utilizzato la segatura per circa 8-9 mesi, ma poi ha scelto di passare a una gestione a paglia trinciata di produzione aziendale, allo scopo di risparmiare nei costi di esercizio.

Con questa soluzione la stalla funziona quasi come una lettiera permanente, anche se viene mantenuta la lavorazione con erpice rotativo. L'impiego della paglia si è verificato durante i mesi invernali del 2018-2019 e non ha consentito lo sviluppo di un compostaggio vero e proprio.

Nella primavera successiva gli allevatori hanno deciso di ripassare alla segatura di pioppo acquistata da una ditta specializzata al prezzo di 50 €/t. Durante l'inverno aggiungono lettiera una volta a settimana, mentre nel periodo più caldo l'intervallo è di una volta al mese.

La lavorazione con zappatrice viene fatta 1 o 2 volte a settimana in base alla stagione (più o meno umido).

Anche la stalla di questa azienda, come la precedente, è dotata di ventilatori tipo elicottero che vengono fatti funzionare sempre, anche d'inverno a bassa velocità. Ciò aiuta l'evaporazione dell'acqua e l'asciugatura della parte più superficiale della lettiera.

Nei momenti in cui la segatura non è disponibile presso il rivenditore, ripassano alla gestione con

paglia trinciata, senza però riuscire ad innescare il compostaggio.

In generale, questa stalla ha fornito ottimi riscontri per l'allevamento delle vacche asciutte; la superficie media unitaria di lettiera, pari a 9,6 m²/capo, si può considerare sufficiente, anche in considerazione del fatto che queste bovine, non essendo in lattazione, producono una minore quantità di deiezioni.

Azienda H

Questa azienda non fa parte del GOI, ma si è resa disponibile per la raccolta di dati comportamentali e gestionali, come attività aggiuntiva a quella svolta nelle altre 3 aziende.

L'azienda ha investito recentemente in due nuove stalle a compost, realizzate in due siti differenti, in provincia di Modena.

Le due stalle hanno la medesima impostazione, ma sono di dimensioni molto diverse. La tipologia è del tutto simile alle altre stalle compost più moderne delle aziende partner, con un'ampia zona di riposo (*figura 3.7*) collegata con passaggi alla zona di alimentazione a pavimento pieno (*figura 3.8*), con raschiatore meccanico; completa la stalla la corsia di foraggiamento laterale (*figura 3.9*).

All'esterno delle stalle sono presenti ampi paddock in terra battuta che vengono utilizzati durante la bella stagione (*figura 3.10*).

Le strutture portanti sono in profilati di acciaio zincato a caldo, con tetto a due falde simmetriche.

La stalla 1 (*figura 3.11*) ha una lunghezza di 100 m e una larghezza di 24,6 m; la zona a lettiera misura 100x13,6 m, per una superficie di 1.360 m². Nella stalla sono mediamente presenti 128 capi, suddivisi in 3 box (vacche asciutte, manze gravide e parto), per una superficie unitaria di riposo di 10,63 m²/capo.

La stalla 2 (*figura 3.12*) ha una lunghezza di 50 m e una larghezza di 24,6 m; la zona a lettiera misura 50x13,6 m, per una superficie di 680 m². Nella stalla sono mediamente presenti 65 capi in box unico (vacche asciutte e manze gravide), per una superficie unitaria di riposo di 10,46 m²/capo.

L'alimentazione prevista è del tipo *unifeed*.

I progetti delle due stalle sono riportati nelle *tavole 20* e *21*.

All'avvio delle nuove strutture le aree di riposo, di complessivi 2.020 m², sono state riempite con fibra di cocco; questo materiale, utilizzato anche dall'azienda C per un certo periodo, ha un prezzo d'acquisto decisamente più alto rispetto ad altre tipologie di lettimi, ma è caratterizzato da un potere assorbente molto elevato, pari a 8-9 volte il suo peso. Questo fatto permette un utilizzo di meno materiale, a parità di altre condizioni.

Il giudizio dell'allevatore sul materiale è molto positivo, soprattutto per la facile distribuzione, l'elevato potere assorbente e l'ottima lavorabilità, benché il prezzo sia piuttosto alto.

La lavorazione viene fatta 1 volta al giorno in estate e 2 volte al giorno in inverno, utilizzando un

erpice a denti (*figura 3.13*).

Durante i mesi di controllo la lettiera non ha mostrato problemi, anche se la temperatura degli strati più profondi non ha mai superato i 30 °C, decisamente al disotto dei valori di riferimento per una buona attività di compostaggio.

Le stalle sono dotate di un impianto di raffrescamento estivo molto performante (*figura 3.14*), costituito da ventilatori tipo elicottero disposti sulla zona a lettiera (ventilazione a cascata di vento) e da ventilatori tipo Vertigo disposti in fila sulla zona di alimentazione (ventilazione a canale di vento); l'impianto è completato da un sistema di raffrescamento evaporativo a goccia grande (doccia) comandato da centraline THI.

I ventilatori posti sulla zona di riposo vengono fatti funzionare anche in assenza di stress termico da caldo, a bassa velocità, per favorire l'asciugatura della lettiera.

Le impressioni ricevute da queste stalle sono positive e le superfici unitarie di lettiera, sempre superiori ai 10 m²/capo, sono da considerarsi adeguate alle categorie di bovine adulte che vengono ospitate, nessuna delle quali è in fase di lattazione.

3.2. Raccolta dati produttivi, riproduttivi, sanitari e comportamentali

Le attività di questa fase sono suddivise in due aree: da una parte i dati produttivi e riproduttivi, raccolti da ARA, grazie ai controlli funzionali, dall'altra i dati sanitari e comportamentali raccolti da CRPA.

3.2.1. Dati produttivi e riproduttivi

I dati produttivi raccolti fanno riferimento ai seguenti parametri del latte:

- proteine, rilevante parametro merceologico che risulta decisivo nel determinare l'apporto nutritivo del latte fresco e la resa casearia del latte trasformato, viene espresso in percentuale;
- caseina, rappresentato da una quota parte del precedente parametro, è fondamentale per la resa in formaggio di un litro di latte, viene espresso in percentuale;
- grasso e lattosio, altri importanti parametri merceologici, sia per l'apporto nutritivo del latte, sia per la resa in panna e burro, sia, infine, per il sapore e l'aroma dei formaggi; vengono espressi in percentuale;
- urea, parametro legato allo stato nutrizionale delle bovine, soprattutto per quanto riguarda l'apporto proteico della razione, viene espresso in mg/100 ml;
- carica batterica totale, parametro utilizzato come indicatore generico delle condizioni igieniche dell'allevamento, in particolare per quanto attiene alla mungitura e alla conservazione del latte; il limite legale da non superare è 100.000 ufc/ml;
- cellule somatiche, parametro utilizzato per la valutazione della sanità della mammella, molto

importante nella gestione e nella profilassi delle mastiti; il limite legale da non superare è 400.000 cellule/ml.

Inoltre, sono stati raccolti i dati relativi a vacche mediamente presenti, vacche controllate e produzione media unitaria delle vacche controllate.

Nell'*Allegato 5–Archivio Altro* sono riportati i file Excel contenenti, per ognuna delle 3 aziende, i dati raccolti, suddivisi in alcuni fogli.

Azienda A

Per l'azienda A, nella quale le vacche di razza Frisona sono allevate in parte in stabulazione fissa e in parte in stabulazione libera tipo compost barn, i dati tecnici raccolti partono dall'anno 2016 e arrivano fino a novembre 2019.

Nella *tabella 3.1* sono riportati i dati riassuntivi più rilevanti. Di seguito si commentano i dati più interessanti:

- il numero di vacche presenti passa da 69 a 89, con un incremento della mandria di quasi il 30%, giustificato dal fatto che l'azienda sperava di poter avere pronta la nuova stalla compost da 104 posti entro la fine del 2018 (cosa purtroppo non avvenuta); infatti, il numero delle primipare è in netto aumento, passando dal 28% al 41%;
- la produzione giornaliera media passa da 1.730 kg con 61 vacche in mungitura a 2.296 kg con 75 vacche in mungitura, con un incremento del 33%, superiore all'incremento del numero di vacche;
- la produzione media per capo, infatti, aumenta da 29 kg a 31 kg;
- il contenuto di proteine è pressoché costante (da 3,4 a 3,3%);
- il contenuto di grasso è in calo (da 3,8 a 3,4%);
- il numero di capi con percentuale di grasso > del 4,8% è nettamente in calo, mentre è in aumento il numero di capi con grasso < del 2,5%;
- il contenuto di lattosio è pressoché costante (da 4,9 a 4,8%);
- il numero di cellule somatiche è in rialzo (da 294.000 a 370.000), anche a causa della difficile situazione all'interno della vecchia stalla compost (sovraffollamento);
- la carica batterica totale si è mantenuta mediamente sulle 20.000 ufc/ml, tranne nel 2018, dove ha superato il valore di 45.000, comunque sempre al disotto della soglia di legge.

I valori analitici aziendali sono in linea con i valori medi provinciali di razza.

Per quanto riguarda il BCS (Body Condition Score), si hanno buone valutazioni sulle bovine in lattazione e qualche valore al di sopra della norma in quelle in asciutta. Questa condizione può essere giustificata dal tipo di alimentazione unifeed.

La situazione sanitaria, nonché quella riproduttiva, sono migliorate negli ultimi anni e attualmente sono più che soddisfacenti, nonostante la difficile situazione ambientale dovuta alla non disponibilità della nuova stalla compost.

Azienda B

Nell'azienda B le vacche di razza Reggiana vengono allevate in compost barn di recente costruzione; anche in questo caso i dati tecnici raccolti partono dall'anno 2016 e arrivano fino a novembre 2019.

Nella [tabella 3.2](#) sono riportati i dati riassuntivi più rilevanti. Per questa azienda l'analisi è stata svolta per confronto storico di 4 periodi differenti, per i quali è stato possibile attribuire i diversi dati produttivi. I 4 periodi fanno riferimento a:

- situazione stalla fissa (prima della stalla compost);
- situazione stalla compost, con lettiera Iren a base di compost da sfalci di verde urbano;
- situazione stalla compost, con lettiera di segatura di pioppo;
- situazione stalla compost, con lettiera di segatura di abete.

Di seguito si commentano i dati globali più interessanti:

- il numero di vacche presenti passa da 56 a 70, con un incremento della mandria del 25%, giustificato dal fatto che l'azienda, con la costruzione della nuova stalla, ha puntato anche all'aumento della mandria allevata;
- la produzione giornaliera media passa da 675 kg con 33 vacche in mungitura a 1.024 kg con 50 vacche in mungitura, con un incremento del 52%;
- la produzione media per capo ha un andamento di leggero calo, passando da 21,4 kg a 20,1 kg;
- il contenuto di proteine è aumentato da 3,18 a 3,26%;
- il contenuto di grasso è abbastanza costante (da 3,46 a 3,41%);
- il numero di capi con percentuale di grasso > del 4,8% è in leggero aumento, così come il numero di capi con grasso < del 2,5%;
- il contenuto di lattosio è in leggero calo (da 4,85 a 4,72%);
- il contenuto di urea, a parte un lieve aumento nel periodo lettiera Iren, è in calo (da 26,5 a 24,7 mg/100 ml);
- il numero di cellule somatiche è lieve rialzo (da 180.000 a 208.000), probabilmente anche a causa della messa a punto della nuova routine di mungitura in sala, che ha evidenziato qualche problema;

- la carica batterica totale si è tendenzialmente calata, da 17.300 a 13.000 ufc/ml, tranne nel periodo lettiera Iren, dove si è evidenziato un netto aumento fino a 66.000, comunque sempre al disotto della soglia di legge;
- per quanto riguarda la conta delle spore di Clostridi, questa è iniziata nel 2017, pertanto non si hanno dati precedenti di riferimento. Le analisi con valori di spore elevati sono state il 9% nel periodo sfalci, il 33% nel periodo pioppo e il 23% nel periodo conifere; questo è un risultato non facilmente spiegabile, anche perché i principali problemi di gonfiori da butirrici nel formaggio si sono avuti nel periodo della lettiera Iren.

I valori analitici aziendali confrontati con le medie provinciali di razza 2019 mostrano una produzione unitaria di latte maggiore (20,1 vs 18), una conta cellulare nettamente minore (208.000 vs 378.000), un contenuto di urea leggermente superiore e dei contenuti di grasso e proteina un po' più bassi.

I rilievi effettuati per il BCS hanno sempre evidenziato un ottimo stato di nutrizione di tutta la mandria; non sono mai stati trovati valori al di sotto di 2,5 e la media di tutti i BCS effettuati sull'intera mandria è sempre stata di 3,35.

In generale, la situazione sanitaria e riproduttiva è migliorata negli ultimi anni, attestandosi oggi su valori più che buoni e in linea con le attese dell'azienda rispetto al notevole investimento sostenuto con la costruzione della nuova stalla compost.

I problemi con il formaggio, verificatisi in alcuni momenti, possono essere considerati incidenti di percorso, o come lo scotto da pagare per una tipologia di stabulazione completamente nuova e con una gestione abbastanza complessa.

Azienda C

Nel caso dell'azienda C bisogna ricordare che la stalla compost è adottata per le sole vacche in asciutta e manze gravide; le vacche in lattazione sono ospitate in due stalle a cuccette, anch'esse di recente costruzione. Ciò rende i dati produttivi meno significativi e interessanti, in quanto non direttamente legati al sistema d'allevamento compost barn, sebbene la fase d'allevamento della vacca asciutta abbia una notevole influenza su alcuni aspetti produttivi e riproduttivi della successiva fase di lattazione.

In questo allevamento vengono allevate bovine di razza Frisona.

Anche in questo caso i dati tecnici raccolti partono dall'anno 2016 e arrivano fino a novembre 2019.

Nella [tabella 3.3](#) sono riportati i dati riassuntivi più rilevanti, che vengono commentati di seguito:

- il numero di vacche presenti passa da 508 a 599, con un incremento della mandria del 18%, giustificato dalla costruzione delle nuove stalle dopo i danni causati dal terremoto dell'Emilia;

- la produzione media per capo ha subito un lieve aumento, passando da 27 a 28 kg;
- il contenuto di proteine è leggermente calato (da 3,5 a 3,36%);
- il contenuto di grasso è notevolmente aumentato (da 3,3 a 3,8%) e ciò è confermato dal fatto che il numero di capi con percentuale di grasso > del 4,8% è in leggero aumento, mentre è in riduzione il numero di capi con grasso < del 2,5%;
- il contenuto di lattosio è rimasto praticamente costante (da 4,9 a 4,8%);
- il contenuto di urea è in calo (da 23 a 19 mg/100 ml);
- il numero di cellule somatiche è in netto aumento (da 145.000 a 308.000);
- la carica batterica totale è molto bassa e tendenzialmente costante, intorno alle 6.000 ufc/ml.

Nonostante la dimensione dell'azienda, nella quale è presente un numero di vacche di oltre 7 volte superiore alla media provinciale 2019, i dati analitici aziendali del latte mostrano una costanza negli anni e sono assolutamente sovrapponibili a quelli della media provinciale di razza.

I rilievi del BCS effettuati sulle vacche asciutte presenti nella compost barn hanno evidenziato la presenza di una bassa percentuale (10% circa) di animali con valutazione al disotto del valore ideale.

3.2.2. Dati sanitari e comportamentali

Nelle aziende oggetto di monitoraggio sono stati rilevati dati sanitari e comportamentali, avvalendosi di metodiche standardizzate a livello europeo.

Per ogni azienda, il protocollo prevedeva rilievi eseguiti per 6 volte in differenti stagioni e ogni volta sottoponendo a controllo un numero di vacche pari al 50% del totale; solo per il test di avvicinamento, vista la complessità e la durata del rilievo, il numero di capi controllati doveva essere pari al 25% del totale vacche.

Nella realtà dei fatti, in alcune aziende i rilievi sono stati ripetuti per un numero di volte maggiore, fino alle 12 ripetizioni per l'azienda B e alle 13 ripetizioni per l'azienda C, allo scopo di avere un quadro ancora più completo nell'arco di un intero anno; al contrario, nell'azienda A le ripetizioni sono state 5 anziché 6. Inoltre, è stata aggiunta una nuova azienda (H) con ben 2 stalle compost, entrambe sottoposte a monitoraggio.

I principali rilievi hanno riguardato:

- grado di imbrattamento delle vacche;
- locomotion score;
- body condition score;
- alterazioni del tegumento;
- test di avvicinamento;

- scoli nasali, oculari e vulvari;
- diarrea.

Di seguito si descrivono brevemente le modalità operative adottate per i diversi rilievi.

Grado di imbrattamento

Il rilievo dello stato di pulizia delle bovine viene effettuato mediante valutazioni che permettono l'attribuzione di un punteggio totale, per singolo capo, calcolato sulla somma di punteggi parziali relativi al grado di imbrattamento di diverse parti anatomiche. La media aritmetica dei punteggi totali riferiti ai singoli capi valutati esprime il valore di riferimento per l'intero gruppo di bovini.

Di seguito, vengono riportate le cinque parti anatomiche prese in considerazione:

- zona 1: la regione ano-genitale, di forma romboidale, compresa tra l'attacco della coda, le punte delle natiche e l'attacco della mammella;
- zona 2: la mammella vista da dietro (*figure 3.15 e 3.16*);
- zona 3: la parte inferiore degli arti posteriori, compresa tra il garretto e gli unghiaie. Si considera solo un lato del corpo scelto casualmente;
- zona 4: la regione al di sotto della piega della grassella, costituita dalla parte anteriore della mammella e dal ventre fino all'ombelico. Si considera solo un lato del corpo scelto casualmente;
- zona 5: la regione della coscia, delimitata, superiormente, dalla punta della natica e, inferiormente dal garretto. Si considera solo un lato del corpo scelto casualmente.

A ciascuna delle suddette parti anatomiche si attribuisce un punteggio da 0 a 2 in base alla seguente scala:

punteggio 0 – la parte è assolutamente priva di sporcizia;

punteggio 0,5 – la parte analizzata presenta aree sporche poco estese;

punteggio 1 – le aree sporche sono estese per meno del 50 % dell'intera superficie della parte anatomica;

punteggio 1,5 – le aree sporche sono estese per più del 50 % dell'intera superficie della parte anatomica;

punteggio 2 – la parte è completamente sporca e/o ricoperta da una spessa crosta.

Sommando questi punteggi parziali si ottiene un punteggio totale, variabile da 0 a 10, detto "indice di imbrattamento individuale". Il punteggio totale è da considerarsi attendibile con un'approssimazione di 0,5.

La valutazione può essere in parte influenzata dal fatto che il rilievo venga effettuato in prossimità o meno di una giornata nella quale è stata aggiunta lettina fresca alla zona di riposo, anche se la

ripetizione dei rilievi in periodi diversi dovrebbe limitare questo effetto.

Locomotion Score

Il locomotion score (punteggio del movimento) si basa sull'osservazione delle bovine sia in stazione eretta che in movimento; in particolare, si osservano la postura della linea dorso-lombare, i movimenti della testa e gli appoggi degli arti.

Si tratta di una valutazione che fornisce informazioni precoci sulla presenza di lesioni podali a carico dei soggetti allevati, mettendo in evidenza i casi di zoppia e permettendo anche di valutarne la gravità.

Ogni animale viene osservato lateralmente quando è in movimento (*figura 3.17*). Viene indicato come “zoppo” o “molto zoppo” su apposita scheda soltanto quando si verifica una di queste opzioni:

- riluttanza a sopportare il peso su un piede;
- ritmo di camminata non uniforme con peso non sostenuto, a parità di ritmo, su ciascuno dei quattro piedi.

Secondo le indicazioni del CReNBA (2016), si possono considerare situazioni accettabili quelle nelle quali la percentuale di animali zoppi, calcolata su tutte le vacche presenti, è compresa fra 4 e 8%.

Purtroppo, alcune ricerche evidenziano situazioni molto più critiche; in un lavoro inglese condotto su 53 allevamenti (*Whay et al., 2002*), le zoppie venivano stimate in media sul 5,73% dagli allevatori, ma se la valutazione era fatta da un operatore esterno autonomo il valore saliva al 22,11%. Allo stesso modo, una ricerca americana (*Kopcha et al., 2003*), condotta su 13.144 vacche di 95 allevamenti, ha evidenziato come le problematiche podali fossero stimate dagli allevatori solo sul 4,5% delle vacche, ma sul 52% dai veterinari!

Di fatto, le zoppie rappresentano uno degli aspetti maggiormente limitanti del benessere animale e, sebbene la loro origine sia multifattoriale, su di loro hanno grande influenza le strutture d'allevamento e le tecniche di stabulazione.

Body Condition Score (BCS)

Ogni animale viene osservato sia nella parte posteriore, sia lateralmente (il lato del corpo deve essere selezionato in modo casuale), valutando la regione alla base della coda, la regione lombare, la regione vertebrale e la presenza di ossa prominenti con riferimento a testa della coda, ossa dell'anca, spina dorsale e costole. La valutazione riguarda i seguenti indicatori:

1. presenza di cavità alla base della coda (regione base della coda);
2. visibile depressione fra spina dorsale e ossa dell'anca (regione lombare);
3. estremità distinguibili dei processi trasversi delle vertebre (regione vertebrale);
4. ossa prominenti relativamente a testa della coda, ossa dell'anca, spina dorsale e costole.

L'animale viene indicato come “molto magro” su apposita scheda soltanto quando almeno 3 degli indicatori citati sono valutati negativamente.

Alterazioni del tegumento

Per ogni animale occorre osservare le aree prive di pelo, le lesioni e in gonfiori su un solo lato del corpo. Il lato del corpo da osservare deve essere causale.

Per “alterazione del manto” si intendono sia aree prive di pelo, sia lesioni e/o gonfiori delle dimensioni minime di 2 cm (diametro o lunghezza a seconda del tipo di alterazione).

Per “area priva di pelo” (*figura 3.18*) si intende una zona dell'epidermide priva di pelo, ma non danneggiata e con possibile ipercheratosi (ispessimento della pelle).

Per “lesione” si intende una crosta o ferita (*figura 3.19*).

Per “gonfiore” si intende una zona delle articolazioni dell'animale (carpo e tarso in particolare) rigonfia con o senza area priva di pelo (*figura 3.20*).

Per ogni animale occorre valutare le seguenti regioni: parte posteriore del lato da osservare, inclusa la parte interna visibile dell'arto posteriore opposto; corpo, collo e testa del lato da osservare con esclusione del lato inferiore del ventre; parte esterna dell'arto anteriore del lato da osservare.

Si indica “area priva di pelo” o “lesione” o “gonfiore” soltanto quando si verifica una di queste opzioni:

- almeno un'area priva di pelo delle dimensioni di almeno 5 cm;
- almeno 2 aree prive di pelo di dimensioni anche inferiori (minimo 2 cm), ma in regioni diverse;
- almeno una lesione delle dimensioni di almeno 2 cm;
- almeno un gonfiore delle dimensioni di almeno 2 cm.

Test di avvicinamento

Ogni animale viene osservato quando è in rastrelliera. Il rilevatore deve:

- posizionarsi in corsia di foraggiamento di fronte all'animale da valutare, a una distanza di 3 m dal muretto della rastrelliera;
- prima di muoversi, assicurarsi che l'animale lo stia osservando;
- avvicinarsi all'animale mantenendo i seguenti comportamenti:
 - camminare a una velocità di un passo al secondo (aiutarsi contando 2001, 2002, 2003);
 - avanzare senza rallentare;
 - tenere il braccio in avanti con un angolo di 45° rispetto al corpo;
 - tenere il dorso della mano rivolto verso l'alto;

- guardare il muso dell'animale, evitando di fissarlo negli occhi.
- fermarsi quando l'animale accenna a muoversi, retrocedendo all'interno del box o ruotando leggermente la testa di lato;
- misurare la distanza fra la punta delle dita della mano e il naso dell'animale.

Ogni animale può rientrare in uno dei 4 livelli individuali (score):

0 = distanza di avvicinamento = 0, ossia il rilevatore tocca l'animale;

1 = distanza di avvicinamento è \leq di 20 cm;

2 = distanza di avvicinamento è $>$ di 20 cm e \leq di 50 cm;

3 = distanza di avvicinamento è $>$ di 50 cm.

Questo rilievo fa parte dei test comportamentali di reattività e ha lo scopo di verificare il grado di tranquillità psichica dell'animale, quindi il fatto che il soggetto non sia sottoposto a stress di diversa intensità, che possono anche derivare da maltrattamenti e da un rapporto conflittuale con l'uomo.

Il test è positivo se la maggior parte degli animali si fa avvicinare o addirittura toccare (punteggio di 0 e 1).

Scoli nasali

Per scolo nasale si intende una fuoriuscita di secrezioni dalle narici, spesso dense e di colore trasparente o giallo/verde (*figura 3.21*).

Ogni animale può rientrare in uno dei 2 livelli individuali (score):

0 = animale senza scolo nasale;

1 = animale con scolo nasale.

Scoli oculari

Per scolo oculare si intende una fuoriuscita di secrezioni (bagnate o secche) da almeno un occhio, di lunghezza minima pari a 3 cm (*figura 3.22*).

Ogni animale può rientrare in uno dei 2 livelli individuali (score):

0 = animale senza scolo oculare;

1 = animale con scolo oculare.

Scoli vulvari

Per scolo vulvare si intende una fuoriuscita dalla vulva di secrezioni purulente o con presenza di placche alla base della coda.

Ogni animale può rientrare in uno dei 2 livelli individuali (score):

0 = animale senza scolo vulvare;

1 = animale con scolo vulvare.

Diarrea

Per diarrea si intende la presenza di feci liquide nelle due aree al di sotto della coda. Ciascuna area con feci deve essere delle dimensioni minime di una mano.

Ogni animale può rientrare in uno dei 2 livelli individuali (score):

0 = animale senza diarrea;

1 = animale con diarrea.

I file Excel di input ed elaborazione di tutti i rilievi effettuati sono contenuti nell'[Allegato 5– Archivio Altro](#), suddivisi per singola azienda. Di seguito si illustrano i principali risultati ottenuti, per singola azienda.

Azienda A

Per questa azienda sono state valutate sole le bovine presenti nella stalla compost vecchia, non essendo ancora disponibile la stalla compost nuova. Non sono state valutate le vacche allevate in posta fissa.

Imbrattamento

La media complessiva raggiunge il valore di 6,9, da considerarsi piuttosto alto nella scala 0-10. Il motivo di questo risultato non positivo è sicuramente il sovraffollamento presente nella stalla durante tutti i rilievi, con una densità d'allevamento troppa alta rispetto agli standard della compost barn.

Il rilievo che ha registrato il valore più alto (7,6) è stato quello eseguito nel mese di dicembre.

Le parti dell'animale che mostrano il maggior grado d'imbrattamento sono la regione della coscia e quella del garretto, con valore di 1,8 per entrambe (cioè parte completamente sporca), tipicamente imputabili al decubito della vacca su una lettiera sovraccarica di deiezioni. Le mammelle risultano mediamente sporche (valore medio di 1,1).

Avvicinamento

Nella maggior parte dei casi (31%) le bovine indietreggiano all'avvicinarsi del rilevatore quando questo è a una distanza compresa fra 1 e 20 cm, anche se un buon 27% indietreggia quando il rilevatore è a 50 cm od oltre. Una quota non indifferente di casi (20%) vede l'operatore che può toccare il muso della vacca.

Di fatto, il test ha esito positivo, anche se per poco, in quanto gli animali che si fanno avvicinare o toccare sono la maggioranza (51%). Si può quindi concludere che le bovine di questa stalla siano abbastanza tranquille. Con ogni probabilità l'”abbastanza” è conseguenza del fatto che nella stalla

c'era situazione di sovraffollamento, fatto questo che comporta un inevitabile stress a carico degli animali, con ripercussioni anche sullo stato di tranquillità.

Locomotion score

Su 230 controlli eseguiti, l'86% ha dato esito negativo, nel senso di assenza di zoppia, quindi di camminata regolare e uniforme. Ma l'11% ha evidenziato zoppia e il rimanente 3% ha constatato un zoppia grave. La situazione, quindi, può essere considerata critica e una delle cause, come già detto, è il sovraffollamento della stalla.

Body Condition Score

Le vacche valutate come molto magre sono il 4,3% delle vacche sottoposte a controllo; non si rilevano vacche molto grasse. La situazione è normale.

Alterazioni del tegumento, scoli e diarrea

La [tabella 3.4](#) riporta il prospetto riassuntivo delle problematiche sanitarie rilevate durante i controlli, per le 5 stalle monitorate. In essa i valori sono espressi in percentuale sul numero di rilievi effettuati, che a seconda dei casi va da un minimo di 230 a un massimo di 646. L'ultima riga riporta i valori medi di tutte le stalle.

Nell'azienda A la situazione è buona; l'unico valore di una certa rilevanza è il 5,2% di alterazioni del pelo, comunque nella media di tutte le stalle valutate.

Azienda B

In questa azienda sono stati eseguiti rilievi in 12 mesi differenti, avendo così un quadro completo della situazione della lettiera nelle diverse stagioni e delle condizioni degli animali allevati.

Imbrattamento

Il livello di pulizia delle vacche è discreto, raggiungendo una media complessiva di 4,6.

La stagione migliore risulta la primavera, con una media di 3,8; segue l'estate con un valore medio di 4,7, per passare poi all'autunno con 5 e all'inverno con 5,1. Questo andamento rispecchia, tutto sommato, quanto ci si poteva aspettare, con maggiori problemi in inverno e meno problemi in primavera, anche se il valore abbastanza elevato dell'estate lascia perplessi. In genere, è proprio l'estate il periodo nel quale la lettiera ha meno problemi a perdere acqua e, quindi, risulta più asciutta e pulita; il mese che ha elevato la media è agosto, con un valore di 5,2, probabilmente da imputarsi a condizioni meteorologiche non buone, con tassi di umidità elevati.

Il mese con il valore di imbrattamento più alto in assoluto è marzo, con 6,1; solo in altre 3 occasioni il valore supera il 5 e si tratta di mesi invernali in 2 casi.

Le parti del corpo della vacca che mostrano il maggior grado d'imbrattamento sono, anche in questa azienda, la regione della coscia e quella del garretto, ma con valori molto più bassi rispetto a quanto rilevato nell'azienda A. La mammella risulta pulita (media di 0,63).

Avvicinamento

Nella maggior parte dei casi (32%) le bovine indietreggiano all'avvicinarsi del rilevatore quando questo è a una distanza uguale o maggiore di 50 cm, ma quasi il 26% delle vacche controllate si fa toccare. Abbiamo quindi una situazione ambivalente, con un buon numero di animali che è restio a farsi avvicinare dall'uomo e un altro numero non piccolo che invece si fa addirittura toccare dal rilevatore estraneo.

Nel complesso, il test ha esito negativo, anche se per poco, in quanto gli animali che si fanno avvicinare o toccare sono la minoranza (47,5%).

Bisogna però ricordare che nella stalla sono allevate vacche di razza Reggiana, secondo il metodo biologico, che vieta il taglio delle corna; questo fatto, unitamente al “carattere” più marcato della razza autoctona e rustica, rendono ragione dello stato di maggiore tensione nei confronti dell'uomo non conosciuto.

Locomotion score

Su 615 controlli eseguiti, il 94,6% ha dato esito negativo, nel senso di assenza di zoppia, quindi di camminata regolare e uniforme.

Solo il 4,1% ha evidenziato zoppia, mentre il rimanente 1,3% ha constatato un zoppia grave. La situazione può essere considerata accettabile.

Body Condition Score

Le vacche valutate come molto magre sono lo 0,7% delle vacche sottoposte a controllo, mentre è stata rilevata una sola vacca molto grassa (0,2%). La situazione è normale.

Alterazioni del tegumento, scoli e diarrea

Anche nell'azienda B la situazione è buona (*tabella 3.4*); non si registra nessuna alterazione grave del tegumento, benché un certo numero di vacche risulti segnata sul mantello da striature causate dal contatto con le corna delle compagne. Gli unici valori al disopra della media sono il 5,7% di scoli oculari e il 6,2% di diarree.

Azienda C

Si ricorda che nella stalla compost di questa azienda non vengono allevate vacche in lattazione, ma solo asciutte e manze gravide, quindi soggetti che producono quantità di deiezioni decisamente minori. Ciò ha la sua rilevanza nel determinare il grado di imbrattamento.

Nella stalla sono stati eseguiti rilievi in 13 mesi differenti, per avere un quadro completo della situazione della lettiera nelle diverse stagioni, con animali di tipo diverso rispetto a quelli dell'azienda B.

Imbrattamento

Il livello di pulizia delle vacche è molto buono, raggiungendo una media complessiva di 3,6.

La stagione con il valore più basso risulta la primavera, con una media di 2,1; segue l'estate con un valore medio di 3, poi l'autunno con 3,7 e infine l'inverno con 5. Questo andamento rispecchia in pieno le aspettative, con l'inverno che si dimostra il periodo più problematico, mentre la primavera e l'estate evidenziano tutti i vantaggi derivanti dal maggior tasso di evaporazione dalla lettiera.

Il mese con il valore di imbrattamento più alto in assoluto è gennaio, con 6,3, seguito da febbraio con 5, a conferma di quanto detto sopra.

Le parti dell'animale che mostrano il maggior grado d'imbrattamento sono ancora una volta le stesse già evidenziate nelle altre stalle: regione della coscia e regione del garretto, ma con valori più bassi rispetto a quanto rilevato nelle altre aziende. La mammella risulta decisamente pulita (media di 0,5).

Avvicinamento

Quasi nel 50% dei casi le vacche indietreggiano all'avvicinarsi del rilevatore quando questo è a una distanza uguale o maggiore di 50 cm; se si aggiungono anche i casi del terzo gruppo (da 21 a 50 cm), si ottiene un totale del 68% di casi con esito negativo.

In pochi casi (12%) gli animali si fanno toccare dalla mano del rilevatore.

In questa stalla, quindi, c'è un atteggiamento degli animali decisamente riluttante al farsi avvicinare dall'uomo e il test ha chiaramente esito non positivo.

Locomotion score

Su 646 controlli eseguiti, il 96,7% ha dato esito negativo, cioè assenza di zoppia, quindi situazione di passo regolare e uniforme.

Solo il 2,2% ha evidenziato zoppia, mentre il rimanente 1,1% ha constatato un zoppia grave.

La situazione può essere considerata molto buona, ricordando che in questo caso si tratta di vacche asciutte e manze gravide.

Body Condition Score

Le vacche valutate come molto magre sono lo 0,8% delle vacche sottoposte a controllo; non si rilevano vacche molto grasse. La situazione è normale.

Alterazioni del tegumento, scoli e diarrea

L'azienda C mostra un valore abbastanza elevato per quanto riguarda le alterazioni del pelo ([tabella 3.4](#)), con un 8,8% di casi, superiore alla media. Nessun altro problema particolare viene rilevato, a parte l'1,1% di lesioni, superiore alla media, ma molto basso in assoluto e assolutamente nella norma.

Azienda H

Nelle due stalle a compost di questa azienda vengono allevate vacche asciutte e manze gravide, quindi soggetti che producono quantità di deiezioni minori rispetto a vacche in lattazione. Come detto per la stalla C, la cosa ha rilevanza nel determinare il grado di pulizia dei soggetti.

In ognuna delle 2 stalle sono stati eseguiti 7 rilievi in periodi diversi, ma inevitabilmente in un periodo più limitato, in quanto l'azienda H è stata aggiunta solo nell'estate del 2019. Quindi, per questa azienda il monitoraggio ha interessato solo i periodi della tarda estate e dell'autunno.

Imbrattamento

Il livello di pulizia generale delle vacche è decisamente buono nella stalla 1, con una media complessiva di 2,9, e discreto nella stalla 2, con un valore medio di 4.

Nella stalla 1 si evidenzia un tendenziale peggioramento procedendo verso l'inverno e infatti il mese peggiore è dicembre (3,9); tale andamento è ancora più evidente nella stalla 2, con un aumento progressivo da settembre a dicembre (da 3 a 5,8), come nella logica delle cose.

Le aree che mostrano il maggior grado d'imbrattamento sono la coscia e la parte posteriore dell'animale nella stalla 1, mentre nella stalla 2 sono coscia e garretto. Le mammelle sono sempre molto pulite (media di 0,5).

Avvicinamento

In entrambe le stalle il test ha esito negativo, nel senso che nella maggioranza dei casi gli animali tendono a indietreggiare quando il rilevatore è a una distanza uguale o maggiore di 50 cm (61% e 55% rispettivamente per stalla 1 e 2); aggiungendo i casi del terzo gruppo (distanza da 21 a 50 cm), si ottengono totali del 78% e del 75% rispettivamente per le 2 stalle.

In pochissimi casi (7 e 9%) gli animali si fanno toccare dal rilevatore.

Anche in queste stalle, quindi, come già per l'azienda C, le vacche hanno un atteggiamento decisamente restio al farsi avvicinare dall'uomo.

Locomotion score

Nella stalla 1, su 350 controlli eseguiti, il 97,4% ha dato esito negativo, cioè assenza di zoppia, quindi situazione di passo regolare e uniforme.

Solo il 2,6% ha evidenziato zoppia, mentre non è stato rilevato nessun caso di zoppia grave.

La situazione di questa stalla può essere considerata molto buona, ricordando che in questo caso si tratta di vacche asciutte e manze gravide.

Nella stalla 2, su 350 controlli eseguiti, il 94,6% ha dato esito negativo, cioè assenza di zoppia, quindi situazione di passo regolare e uniforme.

Solo il 4,9% ha evidenziato zoppia, mentre il rimanente 0,5% ha constatato un zoppia grave.

La situazione di questa stalla può essere considerata molto buona, ricordando che anche in questo caso si tratta di vacche asciutte e manze gravide.

Body Condition Score

Non sono state rilevate vacche molto magre o molto grasse. La situazione è ottimale.

Alterazioni del tegumento, scoli e diarrea

Nelle due stalle dell'azienda H si rilevano valori un po' alti per le alterazioni al pelame ([tabella 3.4](#)), in particolare nella stalla 1 che è superiore alla media (7,7%).

Nella stalla 2 si evidenzia un certo numero di scoli oculari, con percentuale superiore alla media (5,1%).

3.3. Raccolta dati ambientali

Le attività previste in questa fase del GOI avevano l'obiettivo di valutare la sostenibilità ambientale del sistema di stabulazione innovativo compost barn.

Le attività previste e svolte sono state le seguenti:

- il rilievo delle emissioni gassose di ammoniaca (NH₃), gas acidificante e precursore delle polveri sottili, e di gas serra (protossido d'azoto N₂O, anidride carbonica CO₂ e metano CH₄) provenienti dalle lettiere delle stalle pilota;
- la valutazione dell'impatto odorigeno derivante dalle lettiere;
- il campionamento delle lettiere e la loro analisi microbiologica relativamente ai parametri *Escherichia coli* e *Salmonella*.

Il monitoraggio ha coinvolto tre aziende: azienda B e azienda C partner del GOI e azienda H in sostituzione dell'azienda A. Due aziende allevano bovine di razza Frisona (C e H) mentre la terza alleva bovine di razza Reggiana (B); tutte producono latte per Parmigiano Reggiano.

Nell'azienda H è stata monitorata la stalla n.1 di maggiori dimensioni.

Per ciascuna delle 3 aziende, il monitoraggio è stato ripetuto per 4 sessioni in differenti periodi climatici (un rilievo estivo, due rilievi in stagioni intermedie e un rilievo in periodo invernale), al fine di valutare l'impatto delle diverse condizioni climatiche. In ciascuna sessione di monitoraggio e per ciascuna azienda, sono stati condotti i rilievi su 3 diverse aree che si mostravano in condizioni di pulizia e di manutenzione mediamente rappresentative dell'intera area stabulativa. Sono state pertanto escluse sia le aree troppo pulite, sia quelle troppo imbrattate da deiezioni.

Le attività hanno riguardato 36 rilievi delle emissioni di gas, 36 campionamenti olfattometrici e 36 campionamenti di lettiera per le analisi microbiologiche (4 sessioni x 3 rilievi x 3 aziende).

Per poter effettuare i rilievi in sicurezza, le aree dovevano essere preventivamente sgombrate dagli animali e le vacche sottoposte a cattura nella rastrelliera di alimentazione.

Per rilevare e quantificare le **emissioni gassose** dalla lettiera compost è stata adottata una tecnica che si basa sulla velocità di saturazione di un volume noto, creato artificialmente al di sopra della superficie emissiva; tale tecnica è nota come "static chamber method" ([Brewer et al., 1999](#);

Denmers et al, 1998; Pedersen et al., 2001).

La concentrazione dei gas è stata determinata mediante un analizzatore fotoacustico ad infrarossi (*INNOVA, 2002*). La tecnica è specifica per lo studio dei flussi emissivi da superfici non convogliate.

In ogni punto di misura si è proceduto al rilievo della concentrazione dei vari gas nell'aria presente nello spazio di testa (volume d'aria compreso all'interno della camera di saturazione). Il monitor per la rilevazione istantanea delle concentrazioni dei gas utilizzato nella campagna di monitoraggio (modello Multi-gas Monitor 1312, prodotto dalla INNOVA) è un analizzatore il cui principio di funzionamento si basa sulla misura fotoacustica ad infrarossi. Questo significa che lo strumento misura i gas in relazione alla loro capacità di assorbire la luce a infrarossi. La soglia limite di rilievo dipende dal gas, ed è dell'ordine dei ppm (parti per milione).

La tecnica di campionamento "static chamber method" consiste nel creare al di sopra della superficie emittente uno spazio chiuso all'interno del quale si concentrano i gas emessi. La concentrazione di tali gas aumenta progressivamente e linearmente in un primo intervallo di tempo, per poi rallentare e raggiungere un valore costante asintotico, in corrispondenza del quale la pressione parziale del gas in aria equivale alla tensione di vapore del gas presente nel substrato di cui si vuole valutare l'emissività. Il coefficiente angolare della retta di regressione, costruita nel tratto lineare della curva di saturazione, rappresenta la potenzialità emissiva della superficie di lettiera. Per verificare la linearità e, di conseguenza, la significatività della retta di regressione costruita, considerando almeno 4 punti della curva di saturazione (*figura 3.23*), sono stati utilizzati i test statistici di inferenza di Fisher e di t di Student.

Il flusso emissivo E [g di gas/m²·di superficie per ora] dei diversi punti indagati è stato calcolato con la seguente relazione:

$$E = \frac{\Delta c \cdot V_{sdT}}{\Delta t \cdot A}$$

dove:

Dc/Dt è il gradiente di concentrazione nel tempo nel tratto rettilinea della curva (cioè il coefficiente angolare della retta di interpolazione dei punti);

V_{sdT} è il volume dello spazio di testa, in cui si concentrano i gas, al disopra della superficie emittente;

A è l'area della superficie emittente racchiusa dalla camera statica ermetica.

La camera di saturazione utilizzata è costituita di due parti funzionali: un telaio di base in acciaio inox (*figura 3.24*) e una camera in PVC a volume variabile (*figura 3.25*). L'anello di base è a forma quadrata (0,6 x 0,6 m), caratterizzato da un elevato grado di robustezza tale da poter essere infilato con una certa facilità anche nelle lettiere, e dotato di un bordo in rilievo in modo da permettere il collegamento ermetico con la parte superiore. La parte superiore è costituita da una serie di

prolunghe collegabili facilmente fra loro e da un terminale chiuso con un ventilatore a batteria all'interno.

L'altezza della camera è stata scelta sulla base della emissività e, quindi, del tempo di saturazione, in modo tale da poter effettuare almeno quattro misure consecutive della curva di saturazione nel tratto rettilineo. Un ventilatore posto all'interno della camera evita la stratificazione dei gas. L'aria aspirata dal monitor, dopo essere stata sottoposta ad analisi, viene rinviata all'interno della camera al fine di evitare la diluizione del volume d'aria presente.

Il fattore emissivo delle lettiere compost che emerge dalla sperimentazione, riferito al metro quadrato di lettiera e per anno, risulta pari a: 211 g NH₃; 192 g N₂O; 47 kg CO₂; 0,87 kg CH₄.

In [tabella 3.5](#) si riportano i valori di emissione medi, minimi, massimi e deviazione standard rilevati nel corso del progetto per i 4 gas misurati.

Nei 4 grafici di [figura 3.26](#) si riportano le emissioni medie dalle lettiere, per i 4 gas indagati, misurate in ciascuna delle 3 aziende monitorate (C, H, B).

In [figura 3.27](#), invece, si riportano le emissioni medie dalle lettiere, per i 4 gas indagati, elaborate per i diversi periodi climatici del monitoraggio.

I valori massimi di emissione, per tutti i gas oggetto di rilievo, sono stati riscontrati nelle sessioni estive o di primo autunno, quando le temperature più alte hanno favorito le emissioni gassose e i processi di degradazione della sostanza organica. Specialmente le emissioni di protossido d'azoto, rilevante gas serra, hanno risentito dell'abbassarsi delle temperature delle lettiere, ridotte del 90% nel periodo invernale rispetto a quelle del periodo estivo. Il protossido d'azoto è un composto indesiderato che si origina nei processi biologici di nitrificazione-denitrificazione, quando vi è alternanza di fasi aerobiche a fasi anossiche. I batteri responsabili del processo di nitrificazione-denitrificazione sono infatti avvantaggiati da temperature superiori ai 25 °C e inibiti quando le temperature scendono al di sotto dei 15 °C.

Le emissioni ammoniacali sono favorite in estate dalle alte temperature e in inverno dalle lettiere che risultano più bagnate, in quanto le basse temperature e l'elevata umidità dell'aria non garantiscono l'asciugatura delle lettiere, nonostante i rivoltamenti quotidiani.

Al fine di dare una valutazione delle emissività rilevate, si è provveduto a confrontare tali fattori emissivi con quelli di lettiere permanenti in paglia, rilevati in precedenti monitoraggi condotti da CRPA nell'ambito di attività cofinanziate dalla Regione Emilia Romagna con la L.28/98, e sempre nella realtà del comprensorio del Parmigiano Reggiano (Progetto *Gestione Reflui - Confronto tecnico-economico fra diverse soluzioni costruttivo-impiantistiche per la gestione dei reflui negli allevamenti bovini da latte*) ([Moscatelli e Fabbri, 2013](#)).

In [figura 3.28](#) vengono confrontati i fattori emissivi, per i 4 gas indagati, delle lettiere compost rispetto alle lettiere permanenti in paglia. I dati mostrano che le emissioni di ammoniaca, anidride carbonica e metano dalle lettiere compost sono inferiori rispetto alle emissioni dalle lettiere permanenti classiche; al contrario, risultano superiori le emissioni di protossido d'azoto. Le

operazioni quotidiane di erpicatura delle lettiera compost permettono una maggiore ossigenazione della massa, ne riducono l'umidità ed evitano fenomeni di compattamento. Pertanto i fenomeni di fermentazione anaerobica possono essere limitati dalla corretta gestione della lettiera e le emissioni di ammoniaca ridotte, grazie al minor tenore di umidità del lettime.

Purtroppo, le operazioni di rivoltamento favoriscono l'alternanza dei processi biologici di nitrificazione e denitrificazione operati da microrganismi e, di conseguenza, le emissioni di protossido d'azoto aumentano. Zone di lettiera anossiche, in fase di denitrificazione, col rivoltamento vengono ossigenate, riattivando il processo di nitrificazione, mentre il materiale superficiale in fase nitrificante, scendendo in profondità verso zone anossiche, alimenta processi denitrificanti; ogni qualvolta il processo di nitrificazione viene interrotto, si generano emissioni di protossido d'azoto.

L'impatto **odorigeno** è stato valutato prelevando campioni d'aria ambiente e confrontandoli con campioni di aria prelevati sul flusso emissivo proveniente dalle superfici con lettiera (3 campioni per ciascuna delle 4 sessioni di rilievo e per ciascuna delle 3 aziende: 36 analisi olfattometriche su campioni di aria proveniente dalle lettiera, più 1 analisi a sessione per l'aria ambiente). I campioni prelevati sono stati successivamente analizzati per determinarne la concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica, secondo la norma UNI EN 13725:04. Si tratta di una tecnica di misura sensoriale, basata sul giudizio di valutatori appositamente addestrati, e realizzata presso il laboratorio olfattometrico di CRPA, attrezzato con l'olfattometro TO8 della Olfasense.

L'olfattometria dinamica consente di quantificare in modo standardizzato la molestia olfattiva determinando la concentrazione di odore per m³ di aria analizzata. Essa si basa su una metodologia di esecuzione e di interpretazione dei risultati ormai consolidata e normata a livello comunitario.

L'impatto odorigeno, espresso in unità odorimetriche per m³ di aria (ouE/m³) e determinato mediante analisi olfattometrica sui campioni d'aria prelevati dalle superfici con lettiera, è risultato mediamente dello stesso ordine di grandezza rispetto ai valori dei campioni di aria prelevati all'interno delle stalle, ma in zone pulite (es. in prossimità delle corsie di distribuzione del foraggio).

Nei grafici in [figura 3.29](#) si riportano i valori (media e deviazione standard) riscontrati sia nei diversi periodi stagionali, sia nelle 3 aziende. Nel grafico sulla sinistra, gli istogrammi in colore giallo rappresentano la quota di odore ambientale, mentre quelli verdi sono l'incremento di odore riscontrato nei campionamenti effettuati sulle lettiera e pertanto nelle zone caratterizzate dal maggior impatto olfattometrico.

Le attività sperimentali hanno previsto, inoltre, di campionare le lettiera compost e di condurre su tali campioni **analisi microbiologiche** relativamente ai parametri *Escherichia coli* e *Salmonella*. Questi, infatti, sono microrganismi che per la loro presenza/assenza, nel caso della *Salmonella*, o in

termini di concentrazione, nel caso di *Escherichia coli*, possono fornire indicazioni sulla qualità igienica delle lettiere (3 campioni per ciascuna delle 4 sessioni e per ciascuna azienda: 36 campioni).

I risultati delle analisi per la *Salmonella* vengono espressi come assenza/presenza in 25 g di campione tal quale, mentre i risultati per *Escherichia coli* vengono espressi in UFC/g di campione tal quale (UFC = Unità Formanti Colonie) ed il numero di colonie riscontrate viene elaborato ed illustrato come log in base 10 delle UFC riscontrate.

Il prelievo della lettiera è stato eseguito con attrezzature adeguatamente sterilizzate (flambatura) ed i campioni sono stati posti in contenitori sterili e subito avviati ad analisi presso un laboratorio esterno.

Le 36 analisi per la *Salmonella* sono risultate tutte negative.

La concentrazione media di *Escherichia coli*, valore espresso come logaritmo in base 10 del numero di Unità Formanti Colonie (\log_{10} UFC/g di campione tal quale), è risultata pari a 4,25 log UFC/g.

In [figura 3.30](#) si evidenziano le concentrazioni medie di *Escherichia coli* rilevate nei campioni di lettiera compost e riferite sia ai diversi periodi climatici, sia alle diverse aziende. Nei periodi invernali la concentrazione di *E. coli* si riduce di quasi due ordini di grandezza, grazie al calo termico del materiale in lettiera. Non si rilevano differenze significative, relativamente alle concentrazioni di *E. coli*, tra le lettiere delle diverse aziende.

Nel grafico di destra, la linea tratteggiata rossa, pari al valore di 4,8 log UFC/g, rappresenta la concentrazione di *Escherichia coli* rilevata in precedenti attività di monitoraggio condotte dal CRPA, attività che hanno visto il campionamento e l'analisi di 48 campioni di liquame bovino provenienti da 6 aziende: 3 dell'area Parmigiano Reggiano e 3 dell'area Grana Padano (Progetto *BiogasDOP - Biogas, aspetti igienico-sanitari e prodotti DOP*) ([Rossi, Piccinini, Garuti, Soldano, Verzellesi, 2016](#)). La concentrazione media rilevata nei campioni di lettiera compost è risultata inferiore a 4,8 log UFC/g (linea rossa); siccome quest'ultimo valore può essere considerato un livello di attenzione per la qualità igienica delle lettiere, il fatto che le compost barn non lo superino deve essere letto come un fatto sicuramente positivo.

Il monitoraggio ha previsto anche il rilievo dei **dati ambientali** di temperatura ed umidità relativa dell'aria e quelli di temperatura delle lettiere.

I primi sono stati rilevati grazie all'installazione di apposite sonde modello HOBO Temperature Relative Humidity 3,5% Data Logger ([figura 3.31](#)), di piccole dimensioni e molto pratiche, con un peso di appena 30 g. La singola sonda è dotata di memoria interna e quindi completamente autonoma; rileva la temperatura e l'umidità relativa dell'aria ed è dotata di un display che consente anche la lettura istantanea dei dati. La memorizzazione avviene con cadenza oraria e ogni valore immagazzinato è la media di letture fatte ogni 12 minuti. Lo scaricamento dei dati avviene tramite porta USB e specifico software.

In ogni stalla è stata installata una sonda, posizionata nell'area di stabulazione, nel punto di confine fra area di riposo e zona di alimentazione, al centro del ricovero, a un'altezza di circa 2 m dal piano di calpestio degli animali.

Il periodo di monitoraggio varia in base all'azienda; da un massimo di 300 d per l'azienda B a un minimo di 90 d per l'azienda H. In generale, il periodo disponibile corrisponde a quello nel quale sono stati rilevati i dati comportamentali e sanitari sulle bovine.

In [tabella 3.6](#) si riportano i valori medi, minimi, massimi e deviazione standard dei dati microclimatici rilevati nelle stalle a compost. In questa tabella tutti i dati raccolti sono messi insieme, per definire dei valori medi di riferimento, che ovviamente sono influenzati dalle condizioni climatiche delle aree ove sono collocate le stalle. Di fatto, tali condizioni sono abbastanza simili per le 5 stalle, in quanto 2 aziende sono collocate nella pianura reggiana e le altre 3 nella pianura modenese.

Nelle [figure](#) da [3.32](#) a [3.36](#) si riportano alcuni grafici, a titolo di esempio, che mostrano l'andamento della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria in alcuni periodi di monitoraggio nelle 5 stalle; i periodi illustrati, della durata variabile dai 60 ai 145 d circa, sono relativi a stagioni diverse, come si può vedere confrontando l'andamento delle temperature.

La temperatura della lettiera è stata rilevata sia durante i monitoraggi ambientali, sia durante i rilievi sugli animali, quindi da due gruppi di lavoro differenti.

Lo strumento utilizzato per i rilievi è un termometro digitale modello Temp 7 PT100 della ditta XS Instruments, dotato di sonda ad asta idonea per l'inserimento in materiali sfusi, foraggi e lettiera.

Nella [tabella 3.6](#) sono riportati i valori medi ottenuti nelle 3 stalle monitorate per i parametri ambientali (B, C e H); in questo caso, le temperature sono state misurate nei punti della lettiera su cui veniva collocata la macchina per il rilievo dei gas.

La media generale della temperatura della lettiera è stata pari a 21,9 °C (min 10,6 °C e max 31,7 °C) e i valori rilevati sono stati simili per le lettiera delle 3 aziende. La temperatura della lettiera segue il trend della temperatura ambientale e le temperature rilevate sono inferiori alle temperature che si riscontrano generalmente durante un tipico processo di compostaggio.

I rilievi eseguiti durante le verifiche sugli animali sono più numerosi e sono stati svolti in un arco temporale più ampio. Nelle [tabelle](#) da [3.7](#) a [3.11](#) sono riportate, per ognuna delle 5 stalle, le temperature rilevate secondo la seguente metodologia: la lettiera è stata suddivisa idealmente in 6 aree rettangolari uguali, appaiate 3 a 3 lungo l'asse principale del ricovero, e ogni punto di controllo corrisponde più o meno al centro di ciascun rettangolo.

La temperatura della lettiera della stalla A ([tabella 3.7](#)), rilevata in un periodo prevalentemente autunnale, sempre verso le ore 11, mostra valori bassi rispetto agli standard di un materiale che composta, mai superiori ai 30 °C. Molto evidente il calo progressivo delle temperature man mano

che si avvanza verso l'inverno (13,4 °C in media nell'ultimo rilievo di dicembre). Questa lettiera è poco profonda, in quanto viene rinnovata spesso, quindi è normale che le temperature non possano essere elevate.

Situazione non molto diversa per la stalla B, dove i rilievi venivano fatti alle ore 8 (*tabella 3.8*): il valore massimo rilevato è 28,6 °C e la media di maggiore entità è quella del rilievo di fine maggio (26,7 °C). Particolarmente evidenti le basse temperature dei mesi invernali, con 9,3 °C a fine gennaio. E' chiaro che in queste condizioni la lettiera non composta, quindi viene a mancare il calore della massa che potrebbe favorire l'evaporazione della frazione liquida.

La situazione della stalla C è migliore per quanto concerne le temperature della lettiera (*tabella 3.9*), rilevata ogni volta verso le ore 8:30; nei periodi estivi si raggiungono medie anche di 36-38 °C, mentre in inverno le temperature scendono al disotto dei 20 °C, ma senza mai arrivare agli estremi riscontrati nelle altre stalle.

Nelle 2 stalle dell'azienda H si hanno temperature discrete a fine estate, ma con rapida discesa procedendo verso l'inverno, in misura più accentuata nella stalla 2 (*tabella 3.10*), ma evidente anche nella stalla 1 (*tabella 3.11*). Il rilievo veniva fatto verso le 8:30 nella stalla 2 e verso le 9:30 nella stalla 1.

In pratica, in tutte le stalle compost monitorate la temperatura della lettiera non è un elemento sul quale si può fare affidamento, perché quando servirebbe calore dalla massa per compensare il calo delle temperature ambientali (inverno), la lettiera è troppo fredda e il compostaggio non è attivo. Quindi, in tutti i casi, si tratta di lettiere che devono assolutamente sfruttare le lavorazioni e la buona ventilazione dell'ambiente per ottenere un'adeguata evaporazione della frazione liquida apportata ogni giorno dalle deiezioni degli animali.

3.4. Raccolta dati gestionali

La raccolta dei dati gestionali aveva lo scopo di definire dei valori di costo da utilizzarsi poi per il ricalcolo del costo di produzione del latte di singole aziende, per poter mettere a confronto una situazione ex-ante con una situazione ex-post, ma soprattutto per poter fare l'analisi finale costi/benefici, ponendo a confronto i modelli di stalle compost con i modelli di stalle a cuccette.

I dati che interessano a questo livello sono sostanzialmente di due tipi:

- impegno di manodopera e mezzi meccanici per le operazioni di cura e gestione della lettiera;
- consumo di materiale da lettiera.

I dati sono stati raccolti grazie alla collaborazione delle aziende, che hanno messo a disposizione del personale per annotare i consumi di lettiera e le ore di lavoro per lo svolgimento delle operazioni legate alla buona manutenzione delle aree di riposo.

Tecnici del CRPA, invece, hanno stimato il funzionamento di mezzi meccanici automatici per l'asportazione degli effluenti dalla stalla. Le stime hanno riguardato i tempi di funzionamento e il

consumo di energia elettrica, sulla base delle potenze di targa dei motori interessati.

I consumi di **lettime** hanno fatto riferimento al materiale più diffuso nelle stalle indagate, ovvero la segatura. Ovviamente, i consumi sono anche legati alle modalità di gestione delle lettiere, che possono essere anche molto diverse.

I consumi di lettine si possono così riassumere:

- azienda A, 125.136 kg/anno di segatura di legno vergine di abete, per una mandria media di 41 vacche in lattazione, pari a **8,36** kg/vacca d;
- azienda B, 121.600 kg per un periodo di 531 d di segatura di legno vergine di pioppo, per una mandria media di 60 vacche in lattazione e asciutte; in questo periodo vi sono state interruzioni nell'impiego di segatura, con passaggio temporaneo alla paglia trinciata, stimabili in circa 90 d, quindi il tempo effettivo per la segatura è stimato in circa 470 d, pari a **4,61** kg/vacca d;
- azienda C, 141.000 kg/anno di segatura mista di pioppo e pino, per una mandria di 75 capi (vacche asciutte e manze gravide), pari a **3,54** kg/capo d;
- azienda H, 236.400 kg/anno di fibra di cocco nelle 2 stalle, per una mandria totale di 193 capi (vacche asciutte e manze gravide), pari a **2,31** kg/capo d.

La **manodopera** specifica per le attività di cura e lavorazione delle lettiere è stata valutata per le 4 aziende, ma i valori dell'azienda A sono stati mantenuti separati e non sono poi stati considerati nelle elaborazioni successive, perché questa azienda ha una gestione totalmente diversa dalle altre, a causa della tipologia di stalla e della densità d'allevamento.

Di seguito si riportano i dati suddivisi per l'azienda A e le medie per le altre 3 aziende.

Azienda A

In media servono 2,5 h ogni settimana di un operatore, con un mezzo meccanico telescopico con pala, per le operazioni di svuotamento totale della lettiera, con trasporto alla concimaia, e di distribuzione della segatura fresca; quindi, si tratta di un impegno di circa 130 h/anno

Altre aziende

I tempi rilevati hanno evidenziato una certa variabilità, anche stagionale, ma i valori medi ottenuti sono in linea con quelli desumibili dalla bibliografia o ricavati da verifiche fatte presso aziende non partecipanti al GOI.

Le operazioni si riferiscono allo svuotamento completo della lettiera, alla ricostituzione dello strato iniziale di lettiera, alle aggiunte di lettiera fresca e alle lavorazioni con erpice o fresa.

In media le aziende impiegano 2,22 h/capo anno di lavoro per queste attività.

Tutte queste attività vengono svolte con l'ausilio di **mezzi meccanici**; in particolare, si utilizzano

trattore con erpice portato per la lavorazione della lettiera e trattore con pala o forca idraulica per lo svuotamento e il riempimento, oppure semovente telescopico.

Quindi, in termini di tempo, l'impiego di macchine corrisponde all'impiego di manodopera.

Un ulteriore aspetto che è stato valutato è il tempo di lavoro dei mezzi meccanici automatici che puliscono le corsie delle stalle; si tratta di **raschiatori** ad asta rigida o a fune che provvedono all'asportazione del liquame dalla zona di alimentazione. Anche in questo caso i tempi possono differire da caso a caso, perché di norma i raschiatori a fune passano con maggior frequenza rispetto ai tradizionali raschiatori ad asta.

Si è scelto di riferirsi ai raschiatori a fune, di tipologia più moderna e più diffusi nelle stalle oggetto d'indagine. Peraltro, questi raschiatori consentono la limitazione delle emissioni di ammoniaca dai pavimenti, grazie al maggior numero di pulizie giornaliere (in media 6 passaggi/d).

Il tempo medio di lavoro stimato è pari a 6,68 min/d per metro di corsia, pari a 40,64 h/anno per metro di corsia.

Infine, la **pompa** per la miscelazione e il sollevamento del liquame dalla pre-vasca alla vasca di stoccaggio, che lavora in media 1 h/d, quindi circa 365 h/anno.

4. Valutazione finale delle compost barn

La valutazione finale del sistema di stabulazione innovativo definito Compost barn prende le mosse dall'esame approfondito condotto nelle aziende partner del GOI, ma anche dall'esperienza che il gruppo di lavoro si era fatto in precedenza e che si è fatto durante lo svolgimento del progetto, anche presso altre aziende esterne al GOI.

Una parte non secondaria, poi, deriva dalla grande mole di lavori esaminati a livello di letteratura tecnico-scientifica, della quale si è dato conto in modo esaustivo nella prima parte di questa relazione.

L'analisi è suddivisa in tre sezioni: la prima riguarda il confronto fra stalle compost e stalle a cuccette, utilizzando come base dati l'importante lavoro svolto nell'Azione 1 e i dati raccolti nelle Azioni 2 e 3; la seconda riguarda l'analisi tecnico-economica delle stalle compost, con riferimento alle verifiche tecniche svolte nelle aziende partner e ai risultati scaturiti dal confronto fra compost e cuccette; nella terza parte si riassumono le conclusioni del progetto.

4.1. Confronto fra compost barn e stalle a cuccette

L'attività ha previsto un confronto tecnico-economico fra stalle a compost e stalle a cuccette.

La maggioranza dei dati delle CB deriva da quanto illustrato nei capitoli precedenti, mentre i dati relativi alle stalle a cuccette sono stati messi a punto a partire dalle numerose ricerche che CRPA ha svolto su queste tipologie di stalle.

La scelta di base è stata quella di non confrontare stalle reali, ma di mettere a confronto alcune delle tipologie di stalle definite nell'Azione 1; in questo modo il confronto assume una maggiore valenza, perché le diverse tipologie di stalle sono state progettate con dei criteri standardizzati, mentre se si fosse fatto riferimento a stalle reali sarebbe stato impossibile definire una situazione di partenza omogenea.

Quindi, agli schemi progettuali e ai relativi costi, si applicano i dati tecnici e di costo che derivano dalle analisi sui casi reali, in modo da ottenere un confronto valido in senso assoluto.

Le due stalle scelte per il confronto sono la **ST2** (stalla a cuccette) e la **CBN2b** (compost barn), entrambe con capienza di 130 vacche e con la medesima suddivisione della mandria in 3 gruppi.

La stalla compost è quella media per quanto riguarda la superficie di lettiera, fra le 3 progettate, ed è quella sicuramente consigliabile nella realtà del Parmigiano Reggiano; è stata scelta la variante b, cioè quella con opere di stoccaggio effluenti calcolate secondo la metodologia CRPA.

Gli elementi tecnici e di costo che sono stati considerati in questo confronto sono i seguenti:

- costo di costruzione delle stalle;
- manodopera per la gestione degli effluenti e della lettiera;

- macchine e impianti per la gestione degli effluenti e della lettiera;
- consumo di lettime;
- illuminazione della stalla.

4.1.1. Costo di costruzione

Il più probabile costo di costruzione delle singole stalle è il valore già stimato nell'Azione 1, suddiviso nei due mappali “Opere edili” e “Impianti e attrezzature”, così come esposto nel primo riquadro della *tabella 4.1*.

Il valore che incide sul costo annuo di gestione, ovviamente, non è il costo totale di costruzione, bensì la **quota annua di ammortamento** di quel capitale; questa quota è stata calcolata al tasso d'interesse del 4% e per una durata presunta delle opere di 30 anni per la parte edile e di 12 anni per gli impianti e le attrezzature.

La formula applicata è quella della rata annua costante, limitata e posticipata:

Nella stessa tabella sopraindicata sono riportate anche le quote di manutenzione e le quote di assicurazione, calcolate rispettivamente allo 0,5% e allo 0,3% sul costo totale di costruzione.

In totale, il valore delle quote ammonta a circa 63.100 € per CBN2b e a circa 51.700 € per ST2, con un differenziale di circa 11.400 € (+22,2%).

4.1.2. Manodopera

Passando alla manodopera, si ribadisce che quella qui calcolata è relativa al solo lavoro di cura e gestione della zona di riposo, sia essa a lettiera o a cuccette. I valori riportati per la lettiera derivano dalle analisi svolte nell'ambito del progetto, ovviamente riparametrando il tutto alla stalla compost progettata, mentre quelli per le cuccette derivano, come detto, dalle numerose ricerche svolte su queste tipologie di stalle dal CRPA.

Per CBN2b i lavori previsti all'anno sono: uno svuotamento completo della lettiera esausta, un riempimento iniziale con segatura fresca, una aggiunta di lettiera a settimana per 3 mesi, una aggiunta di lettiera al mese per i restanti 9 mesi e 1,5 lavorazioni al giorno della lettiera.

Per ST2 i lavori previsti all'anno sono: una pulizia giornaliera delle cuccette, un'aggiunta di paglia ogni 3 d.

Risulta un tempo di lavoro di 289 h/anno per la stalla compost e di 145 h/anno per la stalla a cuccette.

Il costo della manodopera è stato fissato a 12 €/h, facendo riferimento alla tabella salariale della provincia di Reggio Emilia, per operaio agricolo qualificato (4° livello) assunto a tempo determinato, compreso lavoro festivo, anno 2018.

Il costo totale imputabile alla manodopera è pari a 3.468 €/anno per CBN2b e a 1.740 €/anno per ST2 (riquadro 2 della *tabella 4.1*), con una differenza di 1.728 €/anno; in pratica, il costo del lavoro

nella stalla compost ha un valore doppio rispetto alla stalla a cuccette.

4.1.3. Macchine e impianti

Le operazioni svolte dall'uomo necessitano dell'uso di **macchine**: si tratta per lo più di trattori dotati di strumenti o macchine operatrici quali pala, forca, erpice, spazzola rotante e srotola paglia.

Sono stati individuati 2 cantieri di lavoro differenti: il primo prevede un trattore da 100 kW con pala o forca idraulica, il secondo prevede un trattore da 60 kW con srotola paglia, considerato valido anche per l'erpice o la spazzola.

Il costo di esercizio di questi cantieri di lavoro è stato stimato con metodologia CRPA, valutando i costi fissi di reintegrazione, interesse, assicurazione e ricovero e i costi variabili di riparazione, manutenzione, combustibili e lubrificanti, esclusi i costi di manodopera per la conduzione dei mezzi.

L'impegno in termini di tempo è uguale al fabbisogno di manodopera, ma suddiviso per i 2 cantieri di lavoro.

Risulta un costo totale di 8.297 €/anno per la compost barn e di 3.885 €/anno per le cuccette (riquadro 3 della [tabella 4.1](#)), con un differenziale di 4.412 €/anno; in questo caso, la stalla a lettiera costa più del doppio della stalla a cuccette (+113,6%).

Altra voce di costo da considerare è quella relativa agli **impianti** per la pulizia delle stalle e per l'eventuale trattamento del liquame.

L'asportazione degli effluenti dalle corsie di alimentazione e di smistamento viene attuata mediante raschiatori meccanici automatici del tipo a fune o cavo di trazione, che prevedono dispositivi motorizzati di arrotolamento e srotolamento, con potenza di circa 1 kW per ogni corsia.

La pompa sommersa posta nella pre-vasca, della potenza di 3 kW, ha il compito di sollevare il liquame e trasferirlo alle vasche di stoccaggio; per la sola stalla a cuccette, inoltre, la stessa pompa esegue anche il ricircolo di liquame nella cunetta trasversale esterna (idrogetto) e il carico del materiale al separatore.

Quest'ultimo, presente solo nella stalla a cuccette, esegue la separazione della frazione solida del liquame, facendola cadere nella sottostante concimaia, mentre la frazione liquida viene scaricata con tubazione nelle vasche di stoccaggio. La potenza stimata è di 5 kW.

Per ogni impianto sono stati stimati i tempi di funzionamento giornalieri, arrivando quindi all'indicazione del consumo totale annuo di energia elettrica per ogni stalla, assumendo un funzionamento all'80% della potenza di targa (potenza massima).

Il costo dell'energia elettrica è stato fissato a 0,22 €/kWh per il 2018, in base ai molti rilievi di consumi e di costi fatti da CRPA negli ultimi anni su progetti di ricerca relativi agli allevamenti bovini da latte.

Risulta un consumo molto più basso per CBN2b, pari a 937 €/anno, contro i 4.841 €/anno della

stalla a cuccette (-80,7%), come mostrato nel riquadro 4 della [tabella 4.1](#).

4.1.4. Materiale da lettiera

Un componente molto rilevante del costo di gestione annuo è il consumo di materiale da lettiera. Per la stalla compost si è ipotizzata la segatura, mentre per la stalla a cuccette si è considerata la paglia.

I consumi indicati nel riquadro 5 della [tabella 4.1](#) derivano da valutazioni analitiche svolte con apposito programma di CRPA e dai numerosi dati a disposizione, raccolti in questo e in altri progetti.

I prezzi unitari dei lettimi, al netto dell'IVA, fanno riferimento a indagini di mercato, a dati raccolti presso le aziende e a listini presenti su riviste specializzate. Con riferimento all'anno 2018 è stato fissato un prezzo di acquisto di 100 €/t per la segatura, considerando una media fra i prezzi della segatura di pioppo e della segatura di abete. Per la paglia, invece, il prezzo di 66 €/t è la media annua dei prezzi mensili sul mercato di Modena, riportati nelle apposite pagine della rivista L'Informatore Agrario.

Questa è la voce di costo più importante, se si escludono le quote sul capitale fondiario (ricoveri), e mostra un differenziale molto importante, di quasi 16.000 €/anno (+203%). Infatti, a fronte di un costo di 7.829 €/anno per la stalla a cuccette (e il costo potrebbe anche essere molto più basso, se la paglia utilizzata fosse di produzione aziendale), si ha un costo di 23.725 €/anno per la compost barn.

4.1.5. Illuminazione

L'ultima voce di costo considerata è l'illuminazione della stalla (riquadro 6 della [tabella 4.1](#)); benché questa voce non abbia nulla a che fare con la gestione delle aree di riposo, è però molto legata alla dimensione della stalla, cioè alla superficie coperta complessiva e questo è un elemento che diversifica le due tipologie di stalla considerate. E' quindi corretto considerare anche questo aspetto.

La potenza totale degli apparecchi illuminanti è quella indicata nei computi metrici estimativi delle due stalle, a sua volta legata alla superficie coperta.

Si ipotizza un tempo medio di accensione degli apparecchi illuminanti di 12 h/d.

Il costo dell'energia elettrica per l'illuminazione è pari a 5.449 €/anno per CBN2b e a 3.451 €/anno per ST2, con una differenza di quasi 2.000 €/anno (+57,9%).

4.1.6. Commenti

Tirando le somme, la stalla compost presenta un costo di esercizio di 105.557 €/anno, contro i 73.773 €/anno della stalla a cuccette; ciò significa che la prima stalla ha un costo del 43% più alto rispetto alla seconda.

Il costo annuo unitario riferito alla capienza della stalla risulta pari a 812 €/vacca per la stalla compost e a 567 €/vacca per la stalla a cuccette.

Se dal confronto vengono escluse le quote, si ottiene un differenziale ancora più rilevante, con la compost barn che costa il 92% in più della stalla a cuccette.

4.2. Analisi tecnico-economica finale

I principali aspetti tecnici relativi alle stalle compost reali sono stati esaminati nelle Azioni 2 e 3 e attraverso la bibliografia; i principali fattori economici derivano dal confronto fra stalle compost e stalle a cuccette illustrato al paragrafo precedente.

Si propone innanzitutto uno schema riassuntivo dei punti fondamentali scaturiti dall'indagine, facendo una suddivisione fra pregi (vantaggi) e difetti (criticità). Ovviamente, per i pregi si considerano soluzioni a compost ben progettate e realizzate e adeguatamente gestite, mentre per taluni difetti si considerano soluzioni e situazioni non ottimali. Il termine di confronto rispetto a quanto esposto è sempre la stalla a cuccette, salvo se diversamente indicato.

Bisogna considerare che molte delle cose indicate sono state effettivamente riscontrate durante la verifiche di campo, mentre per altre non è stato possibile averne conferma nelle prove, ma si assumono come verificate dalle numerose attività sperimentali svolte da altri gruppi di ricerca.

Inoltre, è utile ribadire che non è stato possibile fare alcun confronto dei livelli produttivi e della qualità del latte delle aziende indagate, così come delle prestazioni riproduttive, perché ovviamente le condizioni di partenza erano completamente diverse, sia per razza allevata (Frisone, Reggiane), sia per tipo di allevamento (convenzionale, biologico), sia, infine, per tipo di bovine allevate nelle stalle CB (vacche in latte, vacche asciutte, manze).

Quello che è stato possibile fare, e che è stato riportato nel paragrafo 3.2, è il confronto fra i dati storici della medesima azienda e di questi con i dati medi ufficiali degli allevamenti del territorio.

PREGI

1. Zona di riposo di ampia superficie, totalmente priva di suddivisioni e ostacoli, nella quale gli animali possono muoversi liberamente e possono sdraiarsi assumendo le posizioni più naturali, senza costrizioni.
2. Superficie di riposo morbida, asciutta e confortevole, che favorisce il decubito delle bovine e la pulizia del corpo, ma che agevola anche la deambulazione, favorendo la sanità di arti e piedi e le manifestazioni comportamentali tipiche dell'estro e limitando le alterazioni della pelle.
3. Dai punti precedenti derivano altri due vantaggi: da una parte un elevato livello di benessere animale, che può favorire la longevità delle bovine, con riduzione dei costi della rimonta, dall'altra un probabile aumento del tasso di rilevamento dei calori, con evidenti benefici sulle performance riproduttive della mandria. Questi due aspetti permettono un generale

miglioramento dell'impatto ambientale dell'attività d'allevamento.

4. Sistema di stabulazione che si adatta facilmente a bovine di diversa mole (vacche più o meno grandi) o di differente categoria (vacche in latte, vacche asciutte, manze ecc.).
5. Riduzione dei fabbisogni di stoccaggio per il materiale palabile, in quanto in base alle normative vigenti è possibile lo stoccaggio del letame all'interno della zona di riposo, fino ad una quantità definita dall'altezza della lettiera, allo stesso modo di quanto indicato per le lettiere permanenti.
6. Riduzione delle emissioni ammoniacali dalle aree di stabulazione, sia nei confronti delle stalle a cuccette, sia rispetto alle tradizionali lettiere permanenti.

DIFETTI

1. Reperibilità non facile dei materiali da lettiera ottimali (segatura, trucioli, fibra di cocco) a prezzi convenienti, in particolare se confrontati con la paglia di produzione aziendale. Questo può essere uno dei limiti maggiori del sistema, come si è dimostrato nell'analisi economica di confronto fra compost barns e cuccette.
2. In area Parmigiano Reggiano, elevata rischiosità nell'uso di materiali da lettiera derivanti dal compostaggio di matrici da verde urbano (giro verde), così come di segature troppo umide derivanti da lavorazione di legno vergine di latifoglie. Anche in questo caso le esperienze del progetto hanno dimostrato come questo possa essere un problema assai serio.
3. Maggiori costi di esercizio per lettine, manodopera e mezzi meccanici per la cura e la gestione della zona di riposo.
4. Stalle che costano tendenzialmente di più, a causa delle elevate superfici da prevedersi in zona di riposo, nonostante la maggiore semplicità costruttiva e i ridotti volumi di stoccaggio per il letame.
5. Funzionamento non ottimale, nei climi emiliani, durante il periodo freddo e umido, a causa del livello scarso di evaporazione della frazione liquida della lettiera, con possibile grave pregiudizio dell'igiene in zona di riposo e dell'igiene degli animali e rischio di aumento delle mastiti.
6. In presenza di un cattivo funzionamento del sistema, rischio di un aumento delle emissioni ammoniacali e degli odori molesti, contrariamente a quanto avviene in condizioni normali.
7. Effetti disastrosi con il sovraffollamento, ovvero quando non si rispettano le superfici unitarie di stabulazione del progetto iniziale, mettendo in stalla più animali di quelli che ci potrebbero stare.

Con riferimento allo stato di progetto, è necessario ricalcolare, per le sole 5 aziende senza stalla compost all'avvio del GOI, il costo di produzione del latte tramite metodologia Milk Money già

descritta nel paragrafo 2.1.2. Per le 2 aziende che avevano già una stalla compost avviata, ovviamente, il costo di produzione è il medesimo già calcolato per lo stato di fatto.

Come maggiori o minori costi per le aziende che sono passate alla compost barn vengono considerati tutti quelli illustrati in precedenza, perché tutte le aziende hanno stalle originali a cuccette; solo per l'azienda A si è proceduto in modo differente, perché in questo caso c'è la costruzione di una stalla compost nuova, in quanto la stalla originale dell'azienda è a stabulazione fissa, quindi non adeguata per una ristrutturazione.

I maggiori o minori costi unitari considerati sono i seguenti:

- 1) costo di costruzione per azienda A
- 2) costo di ristrutturazione per le altre aziende
- 3) maggior costo della manodopera
- 4) maggior costo delle macchine
- 5) minor costo di energia elettrica per impianti al netto del maggior costo per illuminazione
- 6) maggior costo di lettimi.

Posto che la stalla compost presenta un maggior costo di gestione, il gruppo di lavoro ha provato a stimare dei possibili benefici economici legati a possibili miglioramenti della situazione ex-post rispetto a quella ex-ante. L'attenzione è ricaduta sui seguenti tre aspetti, chiaramente molto interconnessi:

- riduzione dell'incidenza delle zoppie;
- aumento della longevità media delle vacche, quindi riduzione del tasso di rimonta;
- miglioramento della fertilità delle bovine.

L'incidenza economica delle **zoppie** è notevole, soprattutto quando questa malattia colpisce la vacca subito dopo il parto. Ogni animale che diventa zoppo potrà andare incontro ai seguenti problemi:

- avrà dolore e quindi il suo livello di benessere sarà molto basso;
- in molti casi dovrà sostenere interventi dolorosi e trattamenti (antibiotici);
- ridurrà l'assunzione volontaria di alimento, per la difficoltà di accedere alla mangiatoia;
- ridurrà la produzione di latte, a causa dell'alimentazione insufficiente e dello stato generale di stress;
- potrà andare incontro a perdita di peso (dimagrimento);
- potrà rischiare di essere eliminata dall'allevamento (abbattimento).

Per la stima dell'incidenza dei costi e delle perdite produttive per una zoppia è stato utilizzato uno specifico software messo a punto da Dairynz (organizzazione che rappresenta gli allevatori di vacche da latte della Nuova Zelanda) e disponibile liberamente su internet. Ovviamente, il programma richiede e restituisce prezzi e costi in valuta neozelandese (DNZ), che possono essere poi trasformati in euro con un cambio valute (1 DNZ = 0,564 €).

Il calcolo è stato riferito a un allevamento di 100 vacche ed è stato necessario stimare alcuni dati di input, quali il numero di zoppie per anno, il tipo di trattamento (personale di stalla, veterinario, uso di antibiotici), la produzione media di latte, il numero di vacche scartate ecc. I dati sono stati stimati sulla base di quelli raccolti nelle aziende, oltreché sulla base dell'esperienza dei componenti del gruppo di lavoro coinvolto nel progetto.

I risultati sono di seguito elencati, espressi come costo totale imputabile a una zoppia, che può evolversi nei diversi modi indicati nel foglio di input (il costo è ovviamente un valore medio fra tutte le possibili evoluzioni, compreso lo scarto dell'animale irrecuperabile):

• trattamento della zoppia	75 €
• perdite di produzione	380 €
• scarto della vacca e del latte	450 €
• impatto sulle performance riproduttive	65 €
• totale	970 €

L'esame della bibliografia in materia ha permesso di verificare che i costi stimati per una zoppia possono variare da un minimo di 300 a un massimo di 1.000 €; tali cifre comprendono i costi per la cura e il trattamento, la mancata produzione di latte, l'aumento dell'indice di riforma e la perdita di efficienza riproduttiva. Quindi, si può considerare che la stima di 970 €/zoppia sia attendibile, sebbene spostata verso il limite massimo del range indicato dagli studi e dalle ricerche.

Nel passaggio dalla stalla a cuccette a quella compost si stima, sulla base dei dati disponibili per le due tipologie di stalle, una riduzione del 67% dei casi di zoppia (dal 15% al 5% di incidenza sul totale vacche presenti). Quindi, la valutazione del beneficio economico, rappresentato da un mancato esborso, sarà pari al numero di zoppie evitate (10% sul totale vacche) per il costo medio della singola zoppia.

La riduzione del **tasso di rimonta** viene stimata sulla base dei parametri riproduttivi che si possono ipotizzare in una situazione “buona” (BU) rispetto a una situazione “sufficiente” (SU), così come definite all'interno di uno specifico programma messo a punto da CRPA (Prog Allev Bovino ver2019).

Nella [tabella 4.2](#) sono riportati i principali dati di input riferiti alle due differenti situazioni. Questi

stessi dati, inseriti nel programma di calcolo, restituiscono il dimensionamento della mandria e quindi permettono di calcolare le differenze in termini di performance riproduttive, quota di rimonta e fabbisogno di bovine da rimonta.

Il calcolo si riferisce a un allevamento di 100 vacche presenti, con l'assunto che la produzione totale annua di latte sia la medesima nelle due situazioni (circa 940.000 kg), quindi con il fatto che le vacche nella situazione BU siano un po' più produttive di quelle nella situazione SU, viste le differenze nella durata media della lattazione e nella presenza medie di vacche in latte e vacche asciutte.

I risultati finali evidenziano le seguenti differenze di BU rispetto a SU:

- quota di rimonta del 36,2% contro il 40,5%
- fabbisogno manze gravide di 38 contro 42
- fabbisogno vitelle-manzette di 42 contro 48
- 4 manze gravide vendute contro 4 manze gravide comprate

Il software di CRPA prevede un foglio specifico per il calcolo del costo della rimonta e del costo di sostituzione. Tale foglio prende i dati necessari dal foglio principale e richiede l'input di alcuni valori economici, quali il prezzo medio di vendita di una vacca scartata, il prezzo di vendita/acquisto di una manza gravida e il costo medio per lo smaltimento di un capo morto.

Il costo medio di allevamento di un bovino da rimonta, dalla nascita al primo parto, viene stimato in 1.860 €.

Il costo di sostituzione, ovvero quel costo annuo che l'azienda deve sostenere per sostituire le proprie vacche a fine carriera, rapportato al latte prodotto, viene calcolato nelle due situazioni, fornendo il seguente risultato: 52,53 €/t per BU contro 64,57 €/t per SU. Quindi, il differenziale risulta pari a 12,04 €/t, valore che sarà utilizzato per stimare il beneficio economico per la parte relativa al miglioramento della longevità; anche in questo caso si tratta di un mancato esborso.

L'ultimo aspetto da considerare è il miglioramento della **fertilità**, ma di fatto questo elemento è già inserito nei due aspetti precedenti, perché sia la valutazione delle zoppie, sia l'aumento della longevità hanno all'interno dei rispettivi metodi di stima la questione del miglioramento delle performance riproduttive, quindi innanzitutto della fertilità, ovvero della capacità della bovina di avere un'attività riproduttiva normale ed efficiente. Ciò è chiaramente dimostrato dai dati esposti nella già citata [tabella 4.2](#).

A questo punto, è sufficiente inserire nel programma MilkMoney, per l'azienda A e per ciascuna delle altre 4 aziende non dotate di compost barn, le modifiche relative ai maggiori costi e ai mancati esborsi e ottenere i 5 documenti riassuntivi relativi al costo di produzione del latte ex-post delle

aziende partner; tali documenti sono inseriti nel file *MM Elaborazioni CB 2019.xls* presente nell'*Allegato 4–Archivio MM*. In particolare, il primo foglio del file, denominato *tabella 4.3*, riporta i principali dati economici e tecnici di ogni azienda, allo scopo di fornire un quadro d'insieme facilmente leggibile e confrontabile fra le diverse aziende e con la situazione ex-ante per le stesse aziende.

Ovviamente, la parte attiva del bilancio non si modifica, perché non sono stati ipotizzati miglioramenti in termini di produzione di latte; ciò che cambia, in misura diversa da azienda ad azienda, è l'ammontare dei costi, perché ci sono voci che vengono aumentate o diminuite in base alle stime illustrate in precedenza.

Per quanto riguarda manodopera ed energia elettrica ci sono le voci specifiche *Costo lavoro dipendente* e *Energia*; il maggior costo delle macchine è stato inserito nella voce *Manutenzione macchine*.

I lettimi e i mancati esborsi sono stati inseriti nelle voci *Costi specifici settore latte* e *Costi generali* e in parte si compensavano.

Infine, per quanto riguarda gli ammortamenti, nel caso dell'azienda A è stato sostituito il valore dell'ammortamento iniziale con quello dell'ammortamento della stalla nuova, mentre per le altre 4 aziende è stato aggiunto all'ammortamento esistente l'ammortamento della ristrutturazione.

Il confronto fra le due situazioni ex-ante ed ex-post mostra, nei risultati finali, due tendenze diverse e opposte; per 3 aziende (A, E e G) il reddito familiare si riduce con l'introduzione della compost barn, mentre per le altre 2 (D e F) lo stesso reddito aumenta. Ciò è ovviamente spiegabile con le diverse dinamiche dei costi e con il peso che ciascuna voce aveva in origine e assume poi nella nuova situazione.

Interessante il fatto che l'azienda F, che ottiene il maggior aumento in percentuale del reddito familiare (+7,9%), è anche l'unica biologica di questo lotto di aziende. In questa azienda si evidenziano un aumento del profitto di quasi il 16% e una riduzione del 3,2% dei costi totali diretti, solo in parte controbilanciata dall'aumento del costo dei fattori della produzione, con il risultato che il costo di produzione totale diminuisce passando da ante a post (-1,6%).

L'azienda A è quella che ottiene il risultato peggiore (-3,15%), fatto giustificabile dalla costruzione di una nuova stalla, che incide in modo considerevole sul costo dei fattori della produzione: infatti, questo costo aumenta del 8,3%. Il costo di produzione totale, in realtà, non aumenta di molto (+0,8%), ma il profitto si riduce di quasi il 5%.

Per le altre 3 aziende (D, E e G) il risultato finale si modifica di poco (da -0,4% a +1,2%).

L'azienda D, di maggiori dimensioni, evidenzia un aumento del profitto del 1,5% a fronte di una riduzione del costo di produzione dello 0,6%.

Nell'azienda E il profitto si riduce dello 0,44%, quindi di una percentuale molto simile a quella della riduzione del reddito familiare, mentre il costo di produzione totale aumenta dello 0,6%.

Infine, l'azienda G, nella quale il profitto si riduce del 1,5% e il costo dei fattori della produzione aumenta in modo evidente (3,2%), per un costo totale di produzione maggiore dello 0,67%.

4.3. Conclusioni

Il Piano del GO Compost barn ha consentito di verificare e valutare dal punto di vista tecnico-economico questa soluzione innovativa di stabulazione, che viene proposta per le bovine da latte e per i bovini in genere; nello specifico, il lavoro ha interessato gli allevamenti dell'area di produzione del Parmigiano Reggiano, con tutte le loro peculiarità, ma le indicazioni scaturite possono avere validità generale anche al di fuori del comprensorio di produzione.

Le attività hanno sempre tenuto nel debito conto la necessità di confrontare le soluzioni a compost con i sistemi d'allevamento maggiormente utilizzati nel settore bovino da latte, che si identificano con la stabulazione libera a cuccette; ciò è stato fatto fin dall'inizio del progetto, quando si sono definiti i modelli di riferimento per le stalle convenzionali e per quelle innovative a lettiera lavorata.

Proprio il lavoro iniziale di modellazione e di calcolo dei costi di costruzione e ristrutturazione, svolto in modo più approfondito rispetto alla proposta progettuale originale, ha reso disponibile una quantità notevole di dati, che ha poi consentito di semplificare i successivi calcoli applicati alle aziende reali coinvolte nel GO e alle loro stalle.

Nel precedente paragrafo sono stati elencati i principali pregi e i principali difetti della soluzione compost barn rispetto alla classica soluzione a cuccette, benché quest'ultima possa in realtà essere impostata in modi anche molto differenti. Ovviamente, in questo genere di confronti è corretto optare per le soluzioni che si ritengono migliori dal punto di vista del benessere e della sanità animale, nonché delle performance produttive e riproduttive, e che possono garantire una qualità elevata del latte prodotto. Per quanto riguarda le cuccette, ad esempio, sono state considerate solo soluzioni del tipo a buca con lettiera e non certo le soluzioni con materassi o tappeti sintetici, perché numerose ricerche hanno già abbondantemente dimostrato come le prime siano nettamente migliori delle seconde.

Il progetto ha chiaramente dimostrato come, dal punto di vista della costruzione di stalle nuove, ci sia un aumento del costo di costruzione unitario con le soluzioni compost barn, variabile a seconda della tipologia progettata e soprattutto della superficie unitaria assegnata in zona di riposo.

Peraltro, anche il costo eventuale di ristrutturazione di una stalla a cuccette in stalla compost è piuttosto rilevante, soprattutto per la necessità di costruire nuova superficie coperta e a causa delle inevitabili demolizioni di opere murarie e disinstallazioni di attrezzature.

Anche il costo di gestione annuo della stalla, per quanto attiene alla cura e alla gestione della zona di riposo e alla rimozione degli effluenti, mostra un netto aumento passando dalle stalle a cuccette alle stalle a lettiera lavorata, soprattutto a causa delle voci di costo “materiale da lettiera”, “macchine” e “manodopera”.

La situazione economica complessiva, valutata con il calcolo del costo di produzione del latte

mediante lo strumento Milk Money, ponendo a confronto per 5 aziende la situazione di partenza con quella ipotetica di progetto, ha mostrato risultati contrastanti: infatti, nel cambio di situazione 3 aziende vedono ridursi il profitto e il reddito familiare, mentre per le altre due questi indicatori economici migliorano.

Un aspetto problematico che è stato evidenziato è la scelta dei materiali da lettiera: per la compost barn si adattano meglio tipologie di materiale tradizionalmente meno usate nel comparto dell'allevamento bovino da latte, come segatura, trucioli o fibre vegetali di altra origine, ma questi materiali possono avere costi di acquisto più alti rispetto alla paglia, soprattutto di quella di produzione aziendale.

Inoltre, la qualità dei lettimi, specialmente per l'aspetto del contenuto di umidità, può avere effetti evidenti sullo stato di manutenzione della lettiera e sull'igiene degli animali. Particolare attenzione deve essere posta dagli allevamenti che producono latte destinato alla trasformazione in formaggio, perché l'impiego di lettimi non adeguati (ad esempio materiali derivanti dal compostaggio del verde urbano, oppure segature troppo umide) può comportare elevati rischi di contaminazione da sporigeni, con conseguenti problemi per i prodotti caseari a lunga stagionatura.

La superficie morbida e priva di ostacoli della lettiera compost permette alle bovine di riposare in modo adeguato, in condizioni di assoluto benessere, a patto di rispettare le superfici unitarie assegnate in sede di progettazione. Bisogna però dire che questo non può essere considerato il vantaggio principale di questa soluzione, anche perché le moderne cuccette a buca con paglia, adeguatamente dimensionate e dotate di attrezzature di contenimento correttamente posizionate, sono assolutamente confortevoli e permettono un riposo tranquillo e "protetto".

L'aspetto che invece caratterizza in positivo la lettiera lavorata è sicuramente il fatto che gli animali passano, su pavimenti duri di calcestruzzo, una quota minore del loro tempo trascorso in piedi nella giornata media; infatti, nelle tipologie consigliate di stalla compost rimane la sola zona di alimentazione che ha pavimento pieno senza lettiera, mentre nelle stalle a cuccette più diffuse abbiamo anche la corsia di smistamento e i passaggi trasversali di collegamento. Tutto ciò può comportare un beneficio in termini di incidenza delle problematiche podali, come è stato indicato nelle stime svolte in questo stesso capitolo.

E' pur vero che oggi, anche nelle stalle a cuccette, è possibile adottare soluzioni che limitano l'impatto dei pavimenti duri, come ad esempio l'impiego delle pavimentazioni morbide di gomma, ma queste soluzioni possono anche avere controindicazioni, come il costo elevato, il rischio che un certo numero di bovine si sdrai sul pavimento e la durata non sempre conforme a quanto dichiarato.

Altro aspetto positivo che scaturisce dalle prove condotte nelle stalle pilota è la riduzione delle emissioni in atmosfera di alcuni gas clima-alteranti, rispetto a soluzioni a lettiera permanente a paglia: ciò è vero per l'ammoniaca, il metano e l'anidride carbonica, mentre per il protossido d'azoto capita il contrario. Infatti, le operazioni quotidiane di rivoltamento inducono un'alternanza dei processi biologici di nitrificazione e denitrificazione operati da microrganismi e, quindi, le emissioni di protossido d'azoto tendono ad aumentare.

In conclusione, la soluzione compost barn può essere una valida alternativa alle convenzionali soluzioni a cuccette, ma richiede una particolare attenzione nella scelta dei lettimi e nella gestione della lettiera, anche in considerazione del clima dell'area padana, con inverni umidi e freddi che non agevolano l'evaporazione della frazione liquida delle deiezioni. Può essere messo in conto il fatto che nei mesi invernali la gestione a compost venga temporaneamente interrotta, passando a una gestione tradizionale a lettiera di paglia, per poi riprendere con la lettiera lavorata non appena le condizioni climatiche migliorano (fine inverno o inizio primavera).

Probabilmente, la scelta sicura è quella di allevare con questo sistema le vacche asciutte e le manze gravide, cioè animali che producono una minore quantità di deiezioni e che, non producendo latte, non possono andare incontro ad eventuali problemi di inquinamento da batteri sporigeni. La fase dell'asciutta su lettiera, peraltro, è già adottata da molte aziende; un consiglio che si può certamente dare, quindi, è quello di trasformare, laddove possibile, le comuni lettiere permanenti in lettiere lavorate.

TABELLE

Tabella 1.1 – Stalla tipo C: caratteristiche dell'effluente (letame) per differenti percentuali di evaporazione della massa (totale effluente iniziale = 23,6 kg; umidità effluente iniziale = 77,9%)

Parametro	Evaporazione (%)			
	70	60	50	40
Totale effluente (kg)	11,1	12,9	14,7	16,4
Umidità media dell'effluente (%)	52,7	59,3	64,3	68,2
Perdita assoluta di massa (kg)	12,6	10,8	9	7,2
Perdita relativa di massa (%)	53,2	45,6	38	30,4
Massa volumica dell'effluente (kg/m ³)	612	648	677	701

Tabella 1.2 – Stalla tipo D: caratteristiche dell'effluente (letame) per differenti percentuali di evaporazione della massa (totale effluente iniziale = 69,5 kg; umidità effluente iniziale = 82,9%)

Parametro	Evaporazione (%)			
	80	70	60	50
Totale effluente (kg)	23,9	29,6	35,3	41
Umidità media dell'effluente (%)	50,2	59,8	66,3	70,9
Perdita assoluta di massa (kg)	45,6	39,9	34,2	28,5
Perdita relativa di massa (%)	65,6	57,4	49,2	41
Massa volumica dell'effluente (kg/m ³)	719	760	791	815

Tabella 1.3 – Superficie unitaria consigliata della zona a lettiera compost per diverse categorie di bovine da latte di razza Frisona

Categoria animale	Peso vivo (kg)	Produzione latte (kg/capo d)	Zona di riposo m ² /capo	Lettieria integrale m ² /capo
Vacca in lattazione	650	>35	16-18	30-34*
Vacca in lattazione	650	30-35	15-17	28-32*
Vacca in lattazione	650	25-30	14-16	26-30*
Vacca in asciutta	675	-	10-12	18-22*
Manza gravida (24 mesi)	600	-	7-9	12-16
Manza gravida (18 mesi)	450	-	6-8	10-14
Manzetta (12 mesi)	300	-	4-6	7-10
Vitella post-svezz. (6 mesi)	200	-	3-5	6-9
Vitella pre-svezz. (2 mesi)	100	-	-	4-6

* Necessari sistemi di alimentazioni mobili

Tabella 1.4 – Superfici unitarie di progetto (m²/posto) delle 4 stalle tradizionali

<i>Superficie</i>	<i>ST1</i>	<i>ST2</i>	<i>ST3</i>	<i>ST4</i>
Area di riposo ⁽¹⁾	7,04	5,91	6,04	6,04
Stabulazione ⁽²⁾	9,96	8,81	9,26	8,97
Totale ⁽³⁾	12,7	11,52	11,39	11,71
Tetto ⁽⁴⁾	14,41	13,14	13,07	11,91
Insedimento ⁽⁵⁾	19,54	18,29	17,72	17,33

(1) Superficie a disposizione degli animali per il riposo (lettiera o cuccette).

(2) Superficie totale calpestabile a disposizione degli animali per le diverse attività (riposare, mangiare, bere, camminare ecc.); è data dalla somma dell'area di riposo e della zona di alimentazione.

(3) Superficie totale della stalla, data dalla somma della superficie di stabulazione e della corsia di foraggiamento.

(4) Superficie del tetto in proiezione orizzontale.

(5) Superficie totale occupata dall'insediamento, comprese pavimentazioni esterne e opere di stoccaggio degli effluenti.

Tabella 1.5 – Superfici unitarie di progetto (m²/posto) delle 4 stalle ristrutturate a CB

<i>Superficie</i>	<i>CBR1</i>	<i>CBR2</i>	<i>CBR3</i>	<i>CBR4</i>
Area di riposo ⁽¹⁾	13,07	12,98	11,25	12,82
Area di riposo in box 1 e 2	13,63	13,38	11,77	13,33
Area di riposo in box 3	10,02	10,79	8,28	9,90
Stabulazione ⁽²⁾	15,99	15,90	14,76	15,71
Totale ⁽³⁾	18,73	18,64	17,16	18,46
Tetto ⁽⁴⁾	20,52	20,38	17,99	19,24
Insedimento ⁽⁵⁾	26,61	26,98	24,54	25,75

(1) Superficie media a disposizione degli animali per il riposo (lettiera).

(2) Superficie totale media calpestabile a disposizione degli animali per le diverse attività (riposare, mangiare, bere, camminare ecc.); è data dalla somma dell'area di riposo e della zona di alimentazione.

(3) Superficie totale della stalla, data dalla somma della superficie di stabulazione e della corsia di foraggiamento.

(4) Superficie del tetto in proiezione orizzontale.

(5) Superficie totale occupata dall'insediamento, comprese pavimentazioni esterne e opere di stoccaggio degli effluenti.

Tabella 1.6 – Stima dell'impiego di segatura per vacca in lattazione nelle 4 stalle CB ristrutturata

<i>Dato</i>	<i>CBR1</i>	<i>CBR2</i>	<i>CBR3</i>	<i>CBR4</i>
Superficie in lettiera (m2/capo)	13,63	13,38	11,77	13,33
Spessore strato lettiera iniziale vergine (cm)	50	50	50	50
Volume segatura iniziale dopo ogni svuotamento (m3/capo)	6,82	6,69	5,89	6,67
Massa segatura iniziale dopo ogni svuotamento (kg/capo)	1.022	1.004	883	1.000
N. svuotamenti per anno	1	1	1	1
Volume segatura iniziale all'anno (m3/capo)	6,82	6,69	5,89	6,67
Massa segatura iniziale all'anno (kg/capo)	1.022	1.004	883	1.000
Inverno: aggiunta segatura settimanale (kg/capo)	50	50	50	50
Inverno: spessore segatura aggiunta ogni volta (cm)	2,45	2,49	2,83	2,50
Inverno: totale segatura aggiunta (kg/capo)	650	650	650	650
Altri mesi: aggiunta segatura mensile (kg/capo)	10	10	10	10
Altri mesi: totale segatura aggiunta (kg/capo)	90	90	90	90
Massa segatura utilizzata all'anno (kg/capo)	1.762	1.744	1.623	1.740
Volume segatura utilizzata all'anno (m3/capo)	11,75	11,62	10,82	11,60
Volume segatura inglobata nella lettiera all'anno (m3/capo)	5,87	5,81	5,41	5,80
Media teorica spessore segatura utilizzata a fine anno (m)	0,43	0,43	0,46	0,44
Media segatura utilizzata (kg/capo d)	4,83	4,78	4,45	4,77

Tabella 1.7 – Superfici unitarie di progetto (m²/posto) delle 3 stalle nuove a CB

<i>Superficie</i>	<i>CBN1</i>	<i>CBN2</i>	<i>CBN3</i>
Area di riposo ⁽¹⁾	24,16	14,08	10,09
Area di riposo in box 1 e 2	25,24	14,70	10,28
Area di riposo in box 3	17,80	10,65	9,00
Stabulazione ⁽²⁾	27,23	17,22	13,22
Totale ⁽³⁾	27,60	20,04	16,05
Tetto ⁽⁴⁾	31,35	22,10	18,03
Insedimento ⁽⁵⁾	31,83	26,95	22,20

(1) Superficie a disposizione degli animali per il riposo (lettiera).

(2) Superficie totale calpestabile a disposizione degli animali per le diverse attività (riposare, mangiare, bere, camminare ecc.); è data dalla somma dell'area di riposo e della zona di alimentazione.

(3) Superficie totale della stalla, data dalla somma della superficie di stabulazione e della corsia di foraggiamento.

(4) Superficie del tetto in proiezione orizzontale.

(5) Superficie totale occupata dall'insediamento, comprese pavimentazioni esterne e opere di stoccaggio degli effluenti.

Tabella 1.8 – Stima dell'impiego di segatura per vacca in lattazione nelle 3 stalle CB nuove

<i>Dato</i>	<i>CBN1</i>	<i>CBN2</i>	<i>CBN3</i>
Superficie in lettiera (m2/capo)	28,8	14,7	10,28
Spessore strato lettiera iniziale vergine (cm)	50	50	50
Volume segatura iniziale dopo ogni svuotamento (m3/capo)	14,40	7,35	5,14
Massa segatura iniziale dopo ogni svuotamento (kg/capo)	2.160	1.103	771
N. svuotamenti per anno	1	1	1
Volume segatura iniziale all'anno (m3/capo)	14,40	7,35	5,14
Massa segatura iniziale all'anno (kg/capo)	2.160	1.103	771
Inverno: aggiunta segatura settimanale (kg/capo)	20	50	70
Inverno: spessore segatura aggiunta ogni volta (cm)	0,46	2,27	4,54
Inverno: totale segatura aggiunta (kg/capo)	260	650	910
Altri mesi: aggiunta segatura mensile (kg/capo)	0	10	15
Altri mesi: totale segatura aggiunta (kg/capo)	0	90	135
Massa segatura utilizzata all'anno (kg/capo)	2.420	1.843	1.816
Volume segatura utilizzata all'anno (m3/capo)	16,13	12,28	12,11
Volume segatura inglobata nella lettiera all'anno (m3/capo)	8,07	6,14	6,05
Media teorica spessore segatura utilizzata a fine anno (m)	0,28	0,42	0,59
Media segatura utilizzata (kg/capo d)	6,63	5,05	4,98

Tabella 1.9 – Produzione annua di effluenti nei modelli di stalla progettati, in base ai parametri della normativa regionale

Modello	Letame (m3)	Liquame (m3)	Reflui mungitura (m3)	Solido dopo separazione (m3)	Liquido dopo separazione (m3)	Totale palabile (m3)	Totale non palabile (m3)
ST1	3.510	1.139	1.001	-	-	3.510	2.140
ST2	1.482	1.560	1.001	1.313	2.736	1.313	2.736
ST3	3.156	1.560	1.428	1.995	4.151	1.995	4.151
ST4	2.280	2.400	1.428	1.983	4.125	1.983	4.125
CBR1	3.510	1.139	1.001	-	-	3.510	2.140
CBR2	3.510	1.139	1.001	581	1.669	4.091	1.669
CBR3	5.400	1.752	1.428	875	2.480	6.275	2.480
CBR4	5.400	1.752	1.428	875	2.480	6.275	2.480
CBN1	-	-	-	-	-	-	-
CBN2	3.510	1.139	1.001	-	-	3.510	2.140
CBN3	3.510	1.139	1.001	-	-	3.510	2.140

Tabella 1.10 – Fabbisogni di stoccaggio di progetto per i modelli di stalla progettati, in base ai parametri della normativa regionale

Modello	Palabile (m3)	Letame in zona di riposo (m3)	Palabile effettivo da stoccare (m3)	Non palabile (m3)	Acqua su concimaia (m3)	Tot non palabili (m3)
ST1	866	455	411	705	42	747
ST2	324	0	324	900	33	933
ST3	492	0	492	1.365	50	1.415
ST4	489	0	489	1.357	50	1.407
CBR1	866	455	411	705	42	747
CBR2	1.010	866	144	549	33	582
CBR3	1.548	1.174	374	815	50	865
CBR4	1.548	1.174	374	815	50	865
CBN1	-	-	-	-	-	-
CBN2	866	915	0	705	0	705
CBN3	866	655	211	705	22	727

Tabella 1.11 – Dimensionamento delle strutture di stoccaggio per i modelli di stalla progettati, in base ai parametri della normativa regionale

Modello	Sup utile concimaia (m2)	Vol tot vasche (m3)	Vol utile vasche (m3)	Vol tot prevasca (m3)	Vol utile prevasca (m3)
ST1	206	865	751	46,2	25,1
ST2	162	1.082	939	58,8	31,9
ST3	246	1.638	1.422	81,0	48,6
ST4	246	1.638	1.422	81,0	48,6
CBR1	206	865	751	46,2	25,1
CBR2	162	1.082	939	58,8	31,9
CBR3	246	1.638	1.422	81,0	48,6
CBR4	246	1.638	1.422	81,0	48,6
CBN1	-	-	-	20,6	13,8
CBN2	0	680	590	176,7	119,3
CBN3	106	697	605	186,3	125,7

Tabella 1.12 – Produzione annua di effluenti nei modelli di stalla CB progettati, in base alla metodologia di calcolo CRPA

Modello	Letame (m3)	Liquame (m3)	Reflui mungitura (m3)	Solido dopo separazione (m3)	Liquido dopo separazione (m3)	Totale palabile (m3)	Totale non palabile (m3)
CBR1	1.155	1.649	1.001	-	-	1.155	2.650
CBR2	1.155	1.649	1.001	757	2.067	1.912	2.067
CBR3	1.780	2.541	1.428	1.092	3.096	2.872	3.096
CBR4	1.780	2.541	1.428	1.092	3.096	2.872	3.096
CBN1	2.208	-	1.001	-	-	2.208	1.001
CBN2	1.186	1.649	1.001	-	-	1.186	2.650
CBN3	1.174	1.649	1.001	-	-	1.174	2.650

Tabella 1.13 – Fabbisogni di stoccaggio di progetto per i modelli di stalla CB progettati, in base alla metodologia di calcolo CRPA

Modello	Palabile (m3)	Non palabile (m3)	Acqua su concimaia (m3)	Tot non palabili (m3)
CBR1	285	872	0	872
CBR2	472	680	33	713
CBR3	709	1.018	50	1.068
CBR4	709	1.018	50	1.068
CBN1	545	330	0	330
CBN2	293	872	0	872
CBN3	290	872	0	872

Tabella 1.14 – Dimensionamento delle strutture di stoccaggio per i modelli di stalla CB progettati, in base alla metodologia di calcolo CRPA

Modello	Sup utile concimaia (m2)	Vol tot vasche (m3)	Vol utile vasche (m3)
CBR1	0	1.006	874
CBR2	162	1.082	939
CBR3	246	1.638	1.422
CBR4	246	1.638	1.422
CBN1	0	385	333
CBN2	0	869	754
CBN3	0	865	751

Per le pre-vasche si mantengono i dimensionamenti fatti in base alla normativa regionale

Tabella 1.15 – Costi parametrici delle stalle nuove

<i>Costo a parametro</i>	<i>ST1</i>	<i>ST2</i>	<i>ST3</i>	<i>ST4</i>	<i>CBN1</i>	<i>CBN2a</i>	<i>CBN2b</i>	<i>CBN3a</i>	<i>CBN3b</i>	<i>Medie</i>
Totale per capienza (€/posto)	4.988	5.401	5.291	4.790	8.260	6.820	6.891	5.837	5.775	6.006
Totale per capienza, solo corpo stalla (€/posto)	4.055	4.171	4.293	3.792	7.831	6.056	6.056	4.899	4.899	5.117
Totale per capienza, solo opere effluenti (€/posto)	933	1.230	998	998	428	765	836	938	876	889
Totale per STA, solo corpo stalla (€/m2)	407	473	464	423	288	352	352	371	371	389
Totale per TOT, solo corpo stalla (€/m2)	319	362	377	324	284	302	302	305	305	320
Totale per TET, solo corpo stalla (€/m2)	281	317	328	318	250	274	274	272	272	287
Totale per TOT (€/m2)	393	469	465	409	299	340	344	364	360	382
Totale per TET (€/m2)	346	411	405	402	263	309	312	324	320	344
Totale per INS (€/m2)	255	295	299	276	259	254	256	257	261	268

Tabella 1.16 – Costi parametrici delle stalle ristrutturate

<i>Costo a parametro</i>	<i>CBR1a</i>	<i>CBR1b</i>	<i>CBR2</i>	<i>CBR3</i>	<i>CBR4</i>	<i>Medie</i>
Totale per capienza (€/posto)	1.876	2.009	2.027	2.160	2.482	2.169
Totale per capienza, solo corpo stalla (€/posto)	1.876	1.876	2.027	2.160	2.482	2.136
Totale per capienza, solo opere effluenti (€/posto)	0	132	0	0	0	33
Totale per STA, solo corpo stalla (€/m2)	117	117	127	146	158	137
Totale per TOT, solo corpo stalla (€/m2)	100	100	109	126	134	117
Totale per TET, solo corpo stalla (€/m2)	91	91	99	120	129	110
Totale per TOT (€/m2)	100	107	109	126	134	119
Totale per TET (€/m2)	91	98	99	120	129	112
Totale per INS (€/m2)	71	75	75	88	96	84

Tabella 3.1 – Scheda riassuntiva dei principali dati produttivi dell'azienda A

ANNO	% GR	% PR	% CAS.	% LATT.	UREA	C.S. X 1000	C.B. X 1000	SOGG. PREES.	SOGG. CONTR.	PROD. MED. CONTR.
2016	3,8	3,4	2,6	4,9	13	294	18	69	62	29
2017	3,9	3,6	2,8	4,9	18	328	18	79	65	29
2018	3,5	3,5	2,7	4,8	16	372	46	80	67	31
2019	3,4	3,3	2,6	4,8	12	370	22	89	77	31
M.P.2019	3,81	3,42	*	*	21	331	*	85	69	26,4

Tabella 3.2 – Scheda riassuntiva dei principali dati produttivi dell'azienda B

DATA	COMPOST	% GR	% PR	% CAS.	% LATT.	UREA	C.S. X 1000	C.B. X 1000	SOGG. PRES.	SOGG. CONTR.	LUNG. LATTAZ.	PROD. MED CONTR.
30/01/2016	PRE											
09/02/2017	COMPOST	3,46	3,18	2,5	4,85	26,5	180	17,3	56	35	151	21,4
15/03/2017	COMPOST											
03/07/2017	IREN	3,41	3,1	2,4	4,62	30	181	66	57	43	182	20,6
24/08/2017	COMPOST											
06/10/2018	PIOPPO	3,61	3,24	2,52	4,74	28,1	215	16	65	50	169	20,3
07/11/2018	COMPOST											
08/11/2019	CONIFERE	3,41	3,26	2,54	4,72	24,7	208	13	70	53	166	20,1
MED.PROV.	2019	3,64	3,4	*	*	22	378	*	26	20	176	18

Tabella 3.3 – Scheda riassuntiva dei principali dati produttivi dell'azienda C

ANNO	% GR	%PROT	% LATT.	UREA	CELLULE	CARICA	SOGG.	SOGG.	LUNG.	PROD. M.	ETA'	N°MEDIO	% CAPI	%CAPI	%CAPI
					SOMAT.	BATTER.	PRES.	CONTR.	LATTAZ.	CONTR.	MESI	LATTAZ.	GR>4,8	GR.<2,5	PR,<2,9
2016	3,3	3,5	4,9	23	145	4	508	427	179	27	47	2	6	2	31
2017	3,75	3,35	4,9	25	174	6	560	480	178	27	48	2,1	11	2	24
2018	3,75	3,37	4,8	24	224	5	557	467	171	27	51	2,4	10	3	21
2019	3,8	3,36	4,8	19	308	7	599	516	175	28	54	2,6	13	2	19
M.P.2019	3,89	3,45	4,88	20	356	****	81	63	184	26,3	57	2,4	14,6	2,6	16,4

Tabella 3.4 – Scheda riassuntiva delle problematiche sanitarie rilevate nelle 5 stalle compost controllate (% sul totale dei controlli)

Stalla	Alterazioni tegumento			Scoli			Diarrea
	Pelo	Lesioni	Gonfiore	Nasali	Oculari	Vulvari	
A	5,2	0,9	0,4	0	1,7	0	0
B	0	0	0	0,2	5,7	0	6,2
C	8,8	1,1	0,6	0,9	1,9	0,5	1,2
H1	7,7	0	0,6	1,7	0	0	1,1
H2	4,3	0	0,9	1,4	5,1	0	1,7
Media	5,2	0,4	0,5	0,8	2,9	0,1	2

Tabella 3.5 – Valori emissivi rilevati sulle lettiere compost per i quattro gas monitorati

Valore	NH ₃ g/m ² anno	N ₂ O g/m ² anno	CO ₂ kg/m ² anno	CH ₄ kg/m ² anno
Medio	211	192	47	0,87
Minimo	15	7	14	0,18
Massimo	637	534	74	2
Dev ST	150	199	9	0,49

Tabella 3.6 – Temperatura e umidità relativa dell'aria all'interno delle stalle e temperatura della lettiera: valori riferiti a tutti i rilievi di tutte le stalle

Valore	Temperatura dell'aria (°C)	Umidità relativa dell'aria (%)	Temperatura della lettiera (°C)
medio	15,7	86	21,9
minimo	2,1	59	10,6
massimo	27,8	100	31,7
dev.ST	7,9	13	4,9

Tabella 3.7 – Temperature della lettiera rilevate nella stalla dell'azienda A

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Media
30/09/2019	24,3	24,4	24,4	24,3	25,0	25,0	24,6
16/10/2019	24,6	28,5	28,1	26,0	26,0	32,8	27,7
31/10/2019	23,0	29,3	20,5	23,5	23,4	25,0	24,1
14/11/2019	19,4	22,7	16,1	18,5	19,1	22,0	19,6
13/12/2019	10,1	17,4	12,9	9,3	13,5	17,0	13,4

Tabella 3.8 – Temperature della lettiera rilevate nella stalla dell'azienda B

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Media
31/05/2018	28,6	25,5	27,5	26,9	26,5	25,1	26,7
29/06/2018	23,9	23,8	22,7	23,7	25,0	23,3	23,7
18/07/2018	26,4	24,6	22,3	22,3	24,5	23,3	23,9
29/08/2018	25,3	26,0	21,9	22,6	23,4	21,9	23,5
28/11/2018	12,1	11,0	12,7	12,00	12,2	13,3	12,2
19/12/2018	12,9	15,3	12,5	15,1	13,2	8,7	13,0
25/01/2019	7,0	8,3	13,1	8,1	11,3	7,8	9,3
28/02/2019	18,1	13,5	18,0	15,5	22	16,0	17,2
19/03/2019	14,0	14,8	15,4	12,7	16,7	19,2	15,5
09/05/2019	20,2	23,3	27,5	19,2	22,8	19,2	22,0

Tabella 3.9 – Temperature della lettiera rilevate nella stalla dell'azienda C

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Media
18/07/2018	30,2	29,7	34,2	36,3	27,7	37,3	32,6
28/09/2018	22,6	22,7	37,5	38,8	24,5	31,5	29,6
25/10/2018	23,9	27,0	27,2	31,8	24,3	34,7	28,2
27/11/2018	20,1	24,0	21,1	23,9	23,1	27,0	23,2
20/12/2018	22,4	20,5	17,4	23,7	15,3	19,2	19,8
23/01/2019	26,2	16,2	15,1	12,2	15,1	23,2	18,0
27/02/2019	21,4	19,8	21,9	18,3	15,8	15,6	18,8
20/03/2019	24,0	23,4	21,6	20,8	21,9	20,5	22,0
03/05/2019	25,6	31,4	25,4	32,0	23,9	30,0	28,1
27/05/2019	29,6	30,3	30,0	29,7	28,3	32,0	30,0
21/06/2019	33,2	39,4	38,9	42,4	29,1	35,5	36,4
24/07/2019	34	34,16	36,8	45,3	39,5	39,6	38,2

Tabella 3.10 – Temperature della lettiera rilevate nella stalla 1 dell'azienda H

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Media
11/09/2019	24,6	26,2	34,6	34,0	37,2	37,0	32,3
30/09/2019	23,8	26,6	34,7	33,2	32,8	33,0	30,7
16/10/2019	24,7	27,1	31,6	31,2	29,4	26,2	28,4
31/10/2019	24,8	24,6	26,7	22,5	25,8	22,8	24,5
14/11/2019	24,4	22,4	16,8	13,3	12,8	11,3	16,8
29/11/2019	23,2	23,7	14,0	15,5	15,0	16,0	17,9
13/12/2019	17,1	21,8	10,0	8,8	7,6	10,0	12,6

Tabella 3.11 – Temperature della lettiera rilevate nella stalla 2 dell'azienda H

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Media
11/09/2019	26,4	26,3	30,0	23,0	36,9	38,0	30,1
30/09/2019	24,7	25,2	27,8	20,8	35,8	30,1	27,4
16/10/2019	21,6	20,1	23,9	18,9	31,5	27,1	23,9
31/10/2019	15,0	16,0	20,0	16,5	22,8	19,0	18,2
14/11/2019	10,8	10,4	11,9	10,6	12,8	14,6	11,9
29/11/2019	14,4	12,3	13,3	12,3	15,7	17,3	14,2
13/12/2019	6,8	10,0	8,5	6,8	8,6	8,6	8,2

Tabella 4.1 – Confronto fra i costi annui di gestione di stalla a compost e di stalla a cuccette

Descrizione	CBN2b	ST2
Costo di costruzione (€)	895.863	707.521
- di cui opere edili	804.829	595.877
- di cui impianti e attrezzature	91.034	111.644
Quota ammortamento (€)	56.243	46.356
- di cui per opere edili	46.543	34.460
- di cui per impianti e attrezzature	9.700	11.896
Quota manutenzione (€)	4.479	3.538
Quota assicurazione (€)	2.414	1.788
Totale quote (€)	63.137	51.681
Manodopera per gestione lettiera ed effluenti		
Tempo di lavoro (h)	289	145
Costo manodopera (€)	3.468	1.740
Macchine per gestione lettiera		
Tempo di lavoro (h)		
- trattore 100 kW con forca idraulica	108	26
- trattore 60 kW con srotola paglia o erpice	181	119
Costo macchine (€)	8.297	3.885
Impianti per asportazione effluenti		
Tempo di lavoro (h)		
- raschiatore meccanico a fune, 1 kW	4.227	7.796
- pompa liquami per idrogetto e carico 3 kW	365	2.920
- separatore a vite pressa 5 kW	0	2.190
Consumo energia elettrica (kWh)	4.257	22.005
Costo energia elettrica (€)	937	4.841
Lettime	Segatura	Paglia
Consumi (kg/capo d)	5	2,5
Consumi (t/anno)	237,25	118,63
Costo unitario (€/t)	100	66
Costo totale lettime (€)	23.725	7.829
Illuminazione		
Potenza installata apparecchi illuminanti (kW)	6,22	3,94
Consumo medio (kWh)	27.244	17.257
Costo energia elettrica (€)	5.994	3.797
COSTO TOTALE (€)	105.557	73.773
Costo totale per vacca (€)	812	567
Costo totale escluse quote (€)	42.420	22.092
Costo totale per vacca escluse quote (€)	326	170

Tabella 4.2 – Dati di base nella situazione “sufficiente” e nella situazione “buona” della gestione riproduttiva della mandria

Dato	Sufficiente	Buona
Portata al parto (%)	60	70
Ritorni in calore in ciclo (%)	15	13
Ritorni in calore fuori ciclo (%)	9	7
Ritorni in calore per pseudogvidanza (%)	7	5
Ritorni in calore per aborto	9	5
Vacche coperte entro il 60° d dal parto (%)	45	55
Intervallo parto-concepimento medio (d)	130	109
Interparto medio d'allevamento (d)	410	389
N. medio parti/vacca per anno	0,89	0,94
N. medio parti/vacca per carriera	2,2	2,6
Mortalità vacche (%)	7	5

FIGURE

Figura 1.1 – Moderna stalla a stabulazione libera per vacche da latte



Figura 1.2 – Stalla con zona di riposo a cuccette per vacche da latte



Figura 1.3 – Pavimento pieno di calcestruzzo nella corsia di alimentazione di una stalla a stabulazione libera per bovine da latte



Figura 1.4 – Zona di riposo a lettiera in una moderna compost barn



Figura 1.5 – Ventilatore assiale a pale di grande diametro del tipo “elicottero” a cascata d'aria, per il raffrescamento delle aree di stabulazione



Figura 1.6 – Reti frangivento laterali abbassate nel periodo invernale



Figura 1.7 – Lavorazione della lettiera compost con erpice a denti portato da trattore



Figura 1.8 – Spazzola per la pulizia degli animali collocata nella zona di riposo di una stalla compost



Figura 1.9 – Abbeveratoio a vasca installata in zona di alimentazione, in una stalla a compost



Figura 1.10 – Termometro digitale dotato di sonda a penetrazione



Figura 2.1 – La stalla a stabulazione fissa dell'azienda A



Figura 2.2 – La corsia di foraggiamento della stalla a compost dell'azienda B



Figura 2.3 – La zona di alimentazione della stalla a compost dell'azienda B



Figura 2.4 – La zona di riposo a lettiera lavorata della stalla dell'azienda B



Figura 2.5 – Il paddock esterno pavimentato della stalla a compost dell'azienda B



Figura 2.6 – Il corpo mungitura e servizi alla testata Sud della stalla dell'azienda B



Figura 2.7 – La stalla a compost dell'azienda C



Figura 2.8 – La zona di riposo a lettiera compost della stalla dell'azienda C

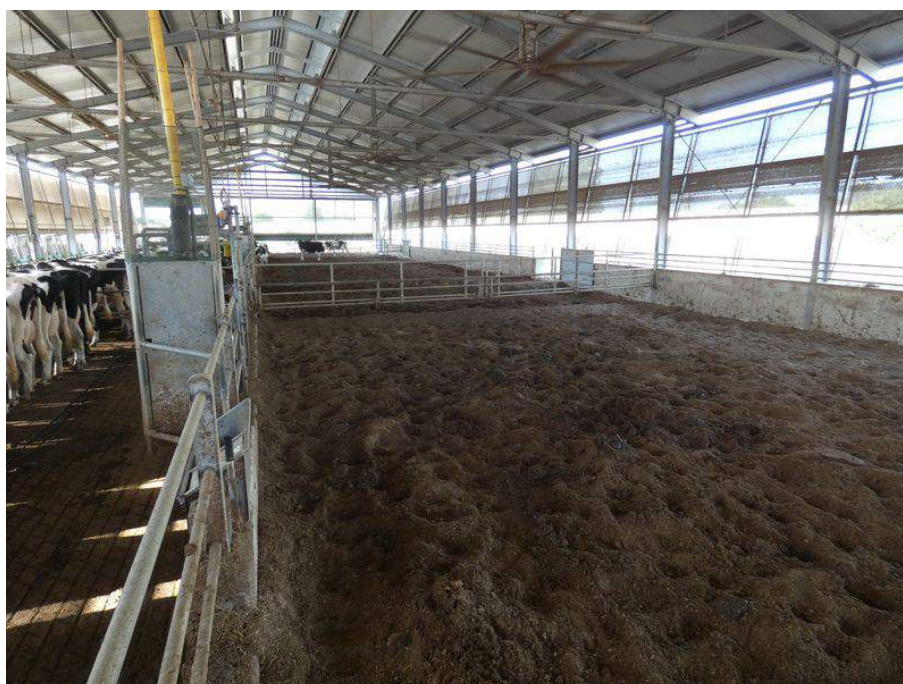


Figura 2.9 – La zona di alimentazione della stalla compost dell'azienda C

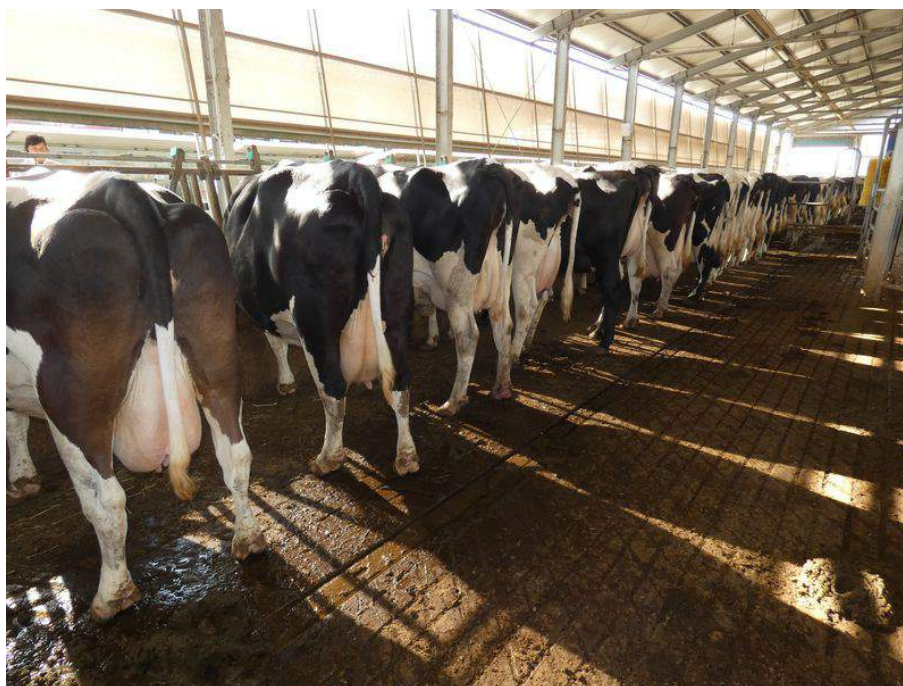


Figura 2.10 – Il paddock esterno in terra della stalla dell'azienda C



Figura 2.11 – La stalla dell'azienda D



Figura 2.12 – Zona di alimentazione e cuccette testa-testa della stalla dell'azienda D



Figura 2.13 – La corsia di foraggiamento centrale della stalla dell'azienda D



Figura 2.14 – Linea di interpolazione e relativa formula del costo di costruzione di una nuova stalla a cuccette, con riferimento alla capienza

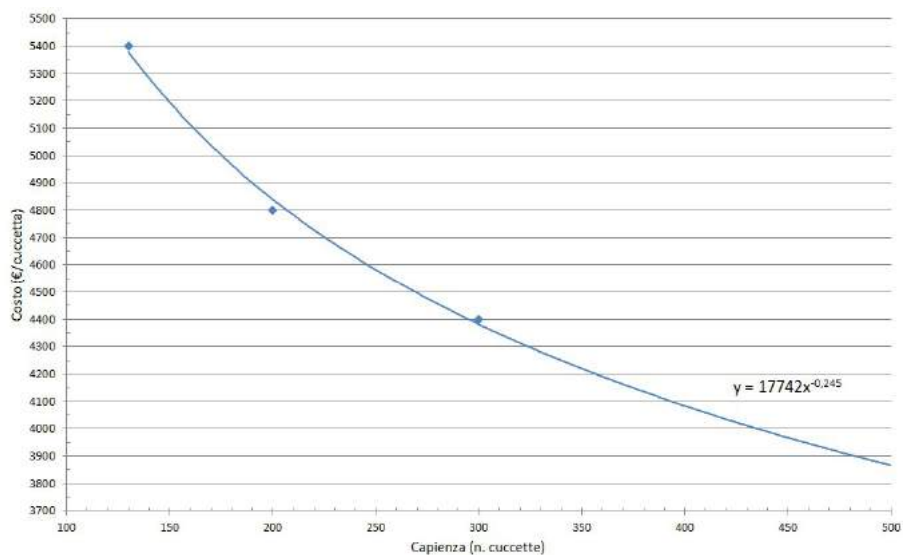


Figura 2.15 – Linea di interpolazione e relativa formula del costo di costruzione di una nuova stalla a cuccette, con riferimento alla superficie TOT

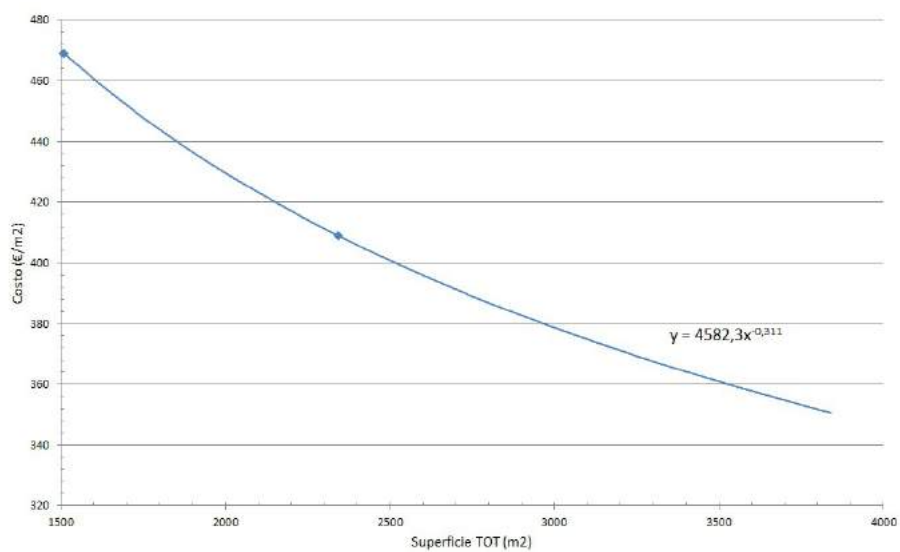


Figura 2.16 – La corsia di foraggiamento della stalla a cuccette dell'azienda F



Figura 2.17 – La zona di riposo a cuccette groppa-groppa della stalla dell'azienda F



Figura 2.18 – La corsia di foraggiamento della stalla a cuccette dell'azienda G



Figura 2.19 – La zona di riposo a 3 file di cuccette della stalla dell'azienda G



Figura 3.1 – La situazione della nuova stalla compost dell'azienda A nel momento dell'interruzione dei lavori di costruzione



Figura 3.2 – L'attuale stalla compost dell'azienda A, allestita al disotto di una tettoia esistente

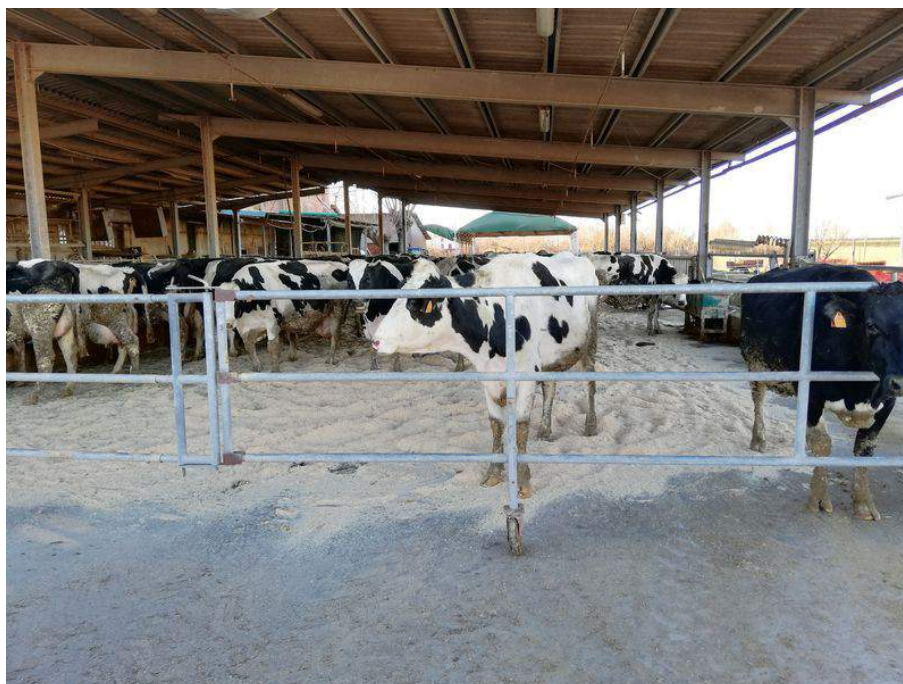


Figura 3.3 – I gruppi di mungitura mobili utilizzati per la mungitura alla rastrelliera nell'azienda A



Figura 3.4 – Macchina per l'esame ai raggi X del formaggio in corso di stagionatura



Figura 3.5 – Autocarro che scarica segatura presso l'azienda B



Figura 3.6 – Misura della temperatura della lettiera con termometro digitale con sonda a penetrazione



Figura 3.7 – La zona di riposo della stalla compost n.1 dell'azienda H



Figura 3.8 – La zona di alimentazione e la zona di riposo della stalla compost n.2 dell'azienda H

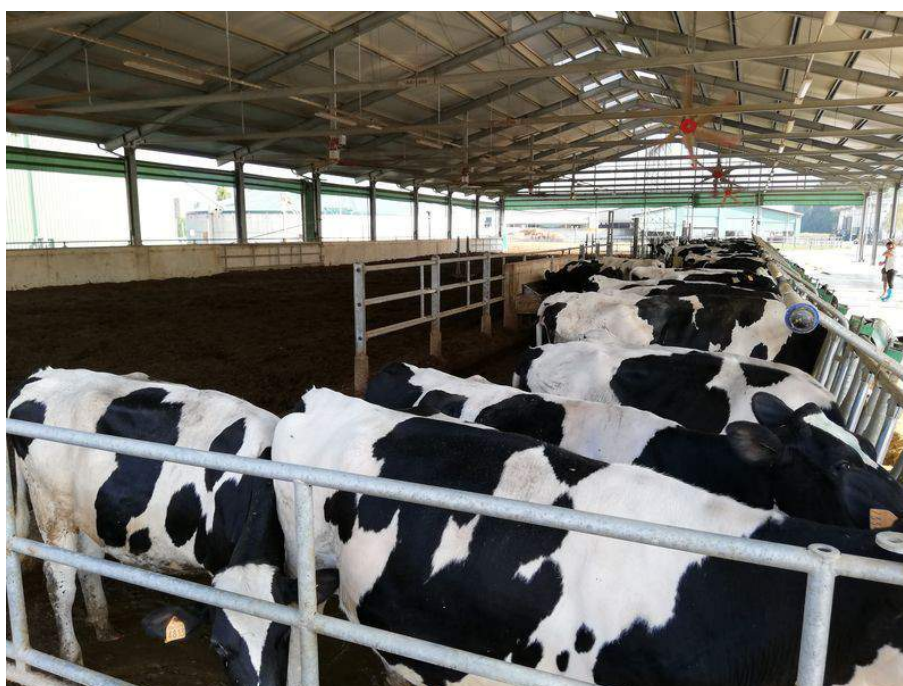


Figura 3.9 – La corsia di foraggiamento della stalla compost n.1 dell'azienda H

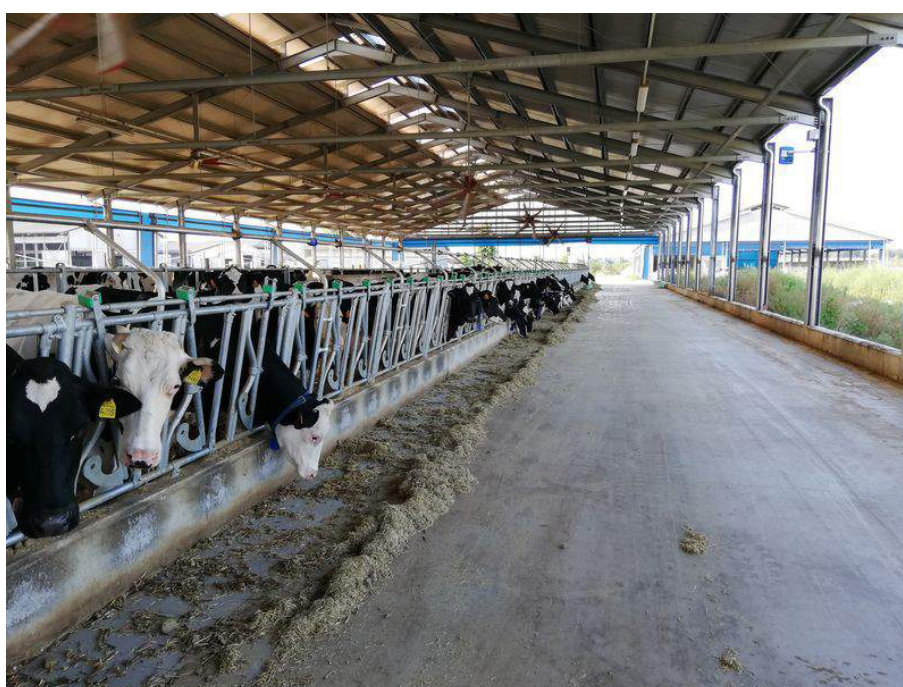


Figura 3.10 – Il paddock esterno in terra della stalla compost n.1 dell'azienda H



Figura 3.11 – La stalla compost n.1 dell'azienda H



Figura 3.12 – La stalla compost n.2 dell'azienda H



Figura 3.13 – L'erpice utilizzato per la lavorazione della lettiera nell'azienda H



Figura 3.14 – Impianto di raffrescamento estivo della stalla n.1 dell'azienda H: al centro ventilatori Vertigo a canale di vento, a destra ventilatori tipo elicottero a cascata di vento

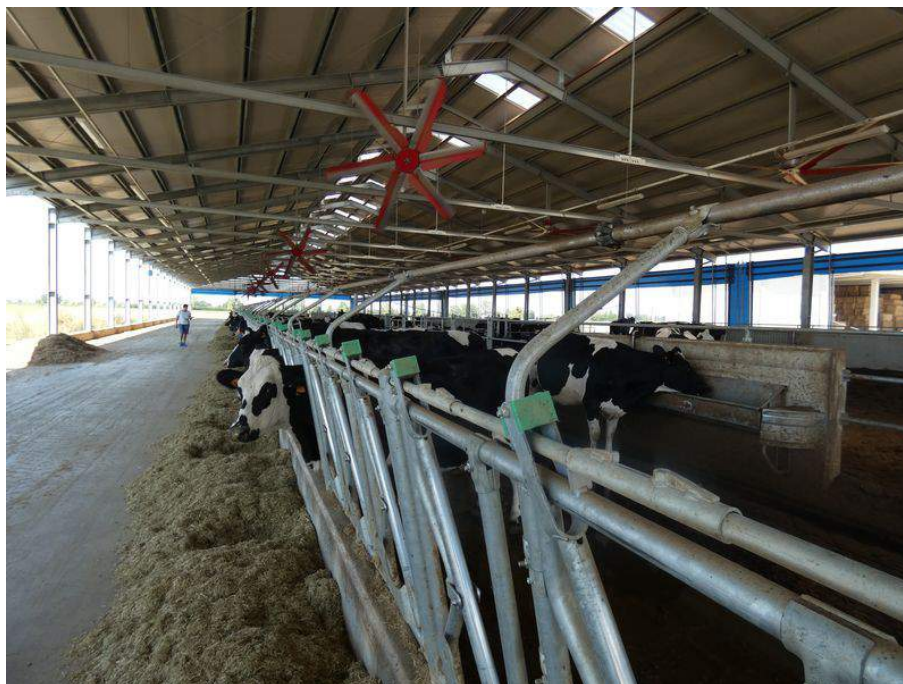


Figura 3.15 – Valutazione del grado di imbrattamento: mammella pulita



Figura 3.16 – Valutazione del grado di imbrattamento: mammella sporca



Figura 3.17 – Schema logico di valutazione del locomotion score: cerchiate in rosso le situazioni di zoppia e di zoppia grave

Locomotion Scoring of Dairy Cattle











<p>LOCOMOTION SCORE 1</p> <p>Clinical Description: NORMAL</p> <p>Description: Stands and walks normally with a level back. Makes long confident strides.</p>	 <p>Back Posture Standing: Flat</p>	 <p>Back Posture Walking: Flat</p>
<p>LOCOMOTION SCORE 2</p> <p>Clinical Description: MILDLY LAME</p> <p>Description: Stands with flat back, but arches when walks. Gait is slightly abnormal.</p>	 <p>Back Posture Standing: Flat</p>	 <p>Back Posture Walking: Arched</p>
<p>LOCOMOTION SCORE 3</p> <p>Clinical Description: MODERATELY LAME</p> <p>Description: Stands and walks with an arched back and short strides from one or more legs. Slight sinking of dew-claws in limb opposite to the affected limb may be evident.</p>	 <p>Back Posture Standing: Arched</p>	 <p>Back Posture Walking: Arched</p>
<p>LOCOMOTION SCORE 4</p> <p>Clinical Description: LAME</p> <p>Description: Arched back standing and walking. Favouring one or more limbs but can still bear some weight on them. Sinking of the dew-claws is evident in the limb opposite to the affected limb.</p>	 <p>Back Posture Standing: Arched</p>	 <p>Back Posture Walking: Arched</p>
<p>LOCOMOTION SCORE 5</p> <p>Clinical Description: SEVERELY LAME</p> <p>Description: Pronounced arching of back. Reluctant to move, with almost complete weight transfer off the affected limb.</p>	 <p>Back Posture Standing: Arched</p>	 <p>Back Posture Walking: Arched</p>

Figura 3.18 – Valutazione delle alterazioni del tegumento: area priva di pelo



Figura 3.19 – Valutazione delle alterazioni del tegumento: lesione



Figura 3.20 – Valutazione delle alterazioni del tegumento: gonfiore



Figura 3.21 – Valutazione degli scoli: scolo nasale



Figura 3.22 – Valutazione degli scoli: scolo oculare



Figura 3.23 – Retta di regressione costruita considerando 4 punti della curva di saturazione, per la stima della concentrazione di gas

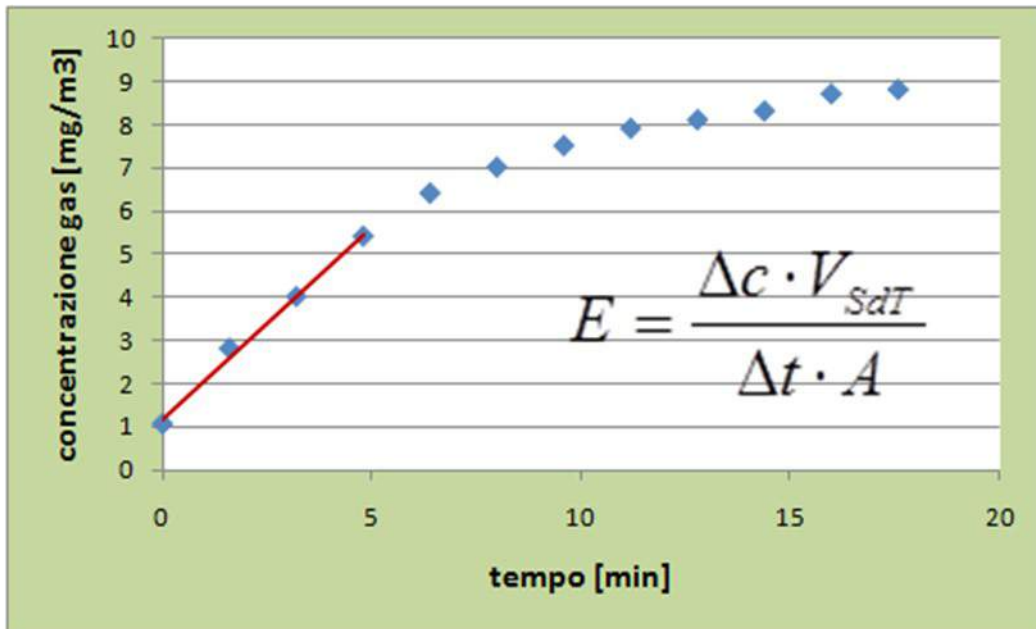


Figura 3.24 – Telaio di base in acciaio inox della camera di saturazione utilizzata per il rilievo delle emissioni della lettiera.



Figura 3.25 – Camera di saturazione utilizzata per il rilievo delle emissioni della lettiera



Figura 3.26 – Emissioni medie dalle lettiere, per i 4 gas indagati, misurate in ciascuna delle 3 aziende monitorate (C, H, B)

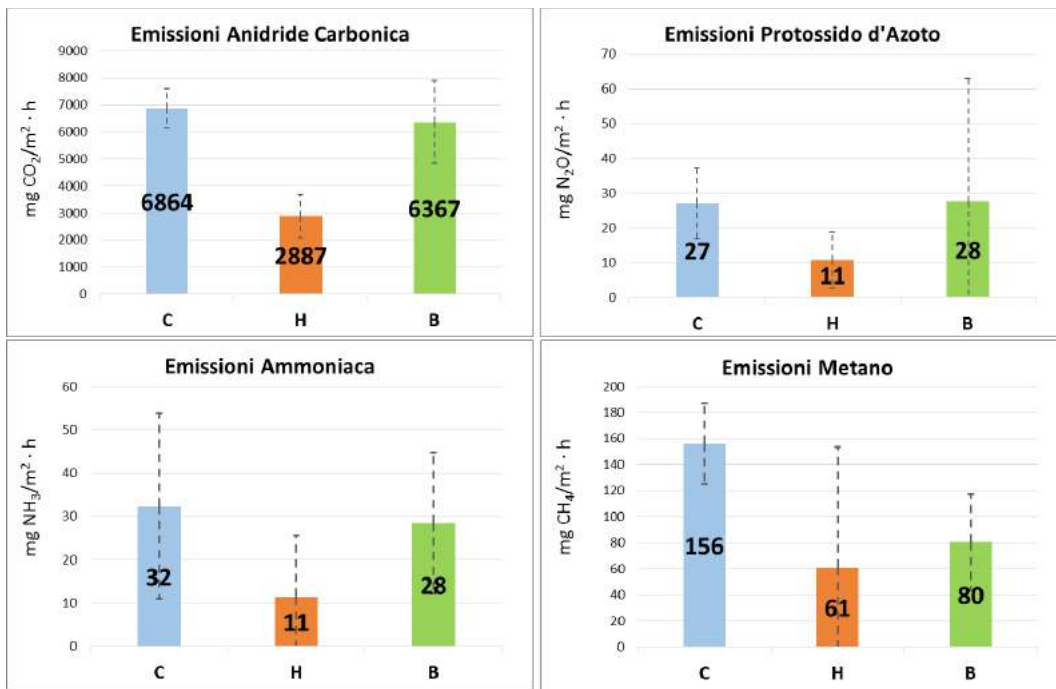


Figura 3.27 – Emissioni medie dalle lettiere, per i 4 gas indagati, per i diversi periodi climatici del monitoraggio

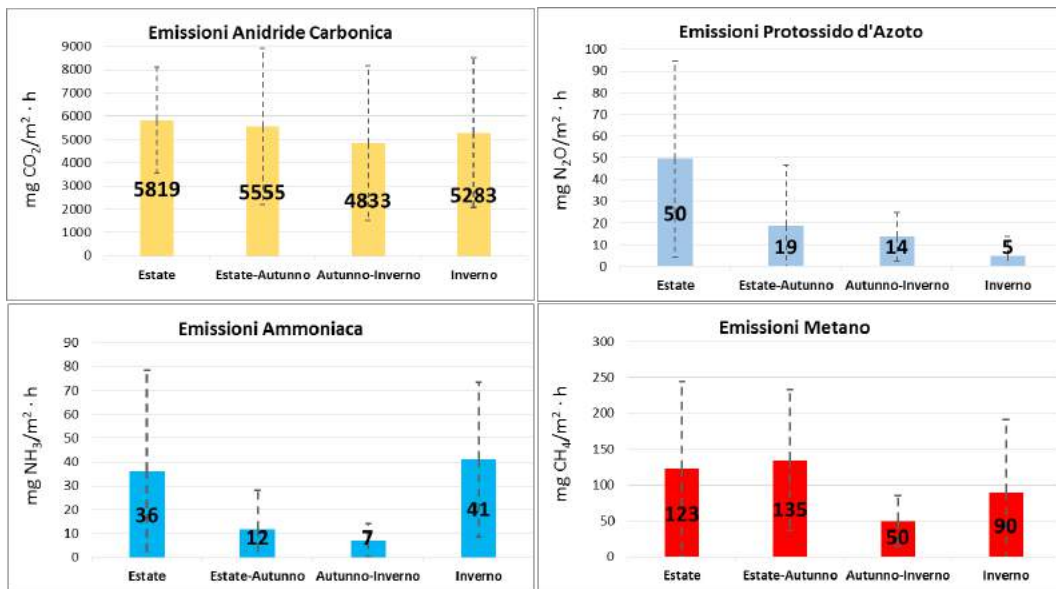


Figura 3.28 – Confronto dei fattori emissivi, per i 4 gas indagati, delle lettiere compost rispetto alle lettiere permanenti in paglia

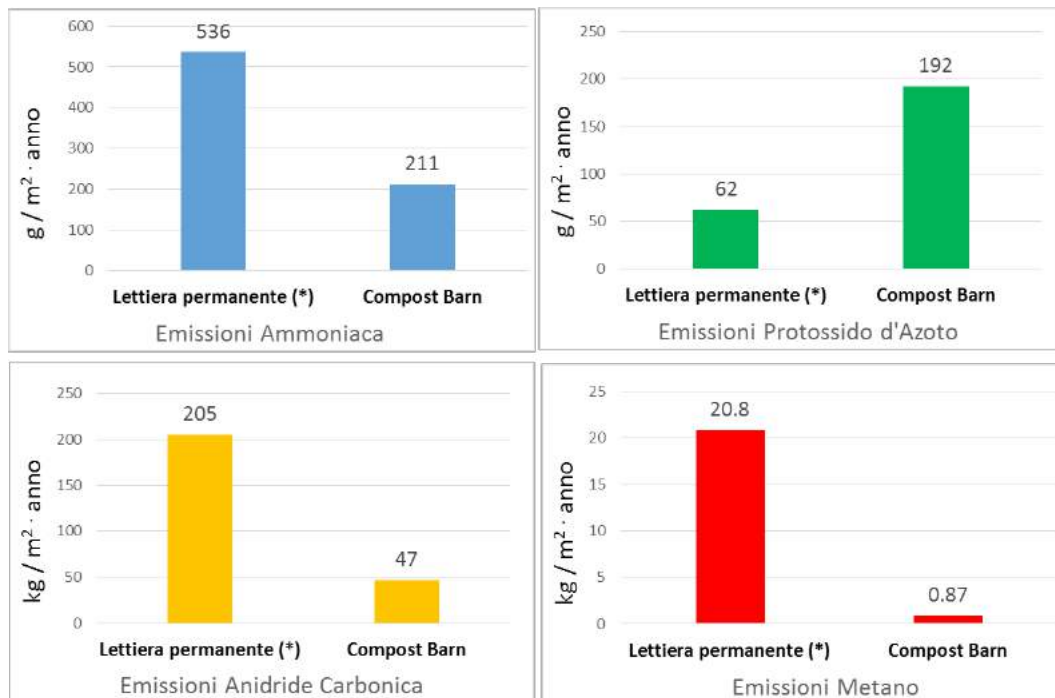


Figura 3.29 – Valori medi e deviazione standard della valutazione olfattometrica, per i diversi periodi stagionali e nelle 3 aziende. Grafico a sinistra: gli istogrammi in colore giallo rappresentano la quota di odore ambientale, mentre quelli verdi sono l'incremento di odore riscontrato nei campionamenti effettuati sulle lettiere

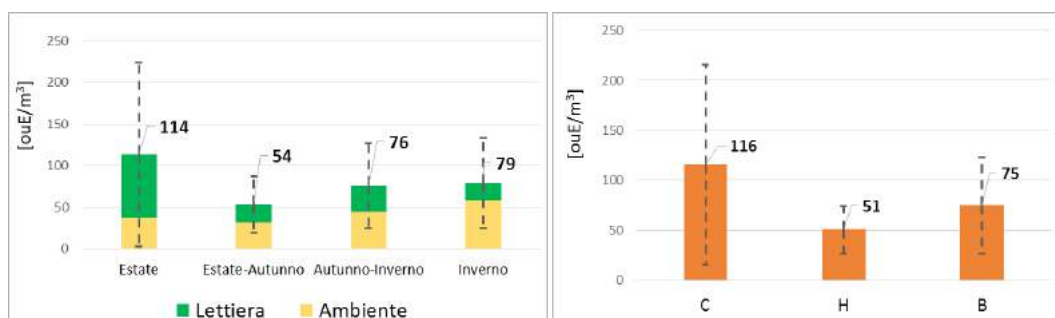


Figura 3.30 – Concentrazioni medie di *Escherichia coli* rilevate nei campioni di lettiera e riferite ai diversi periodi climatici (sinistra) e alle diverse aziende (destra)

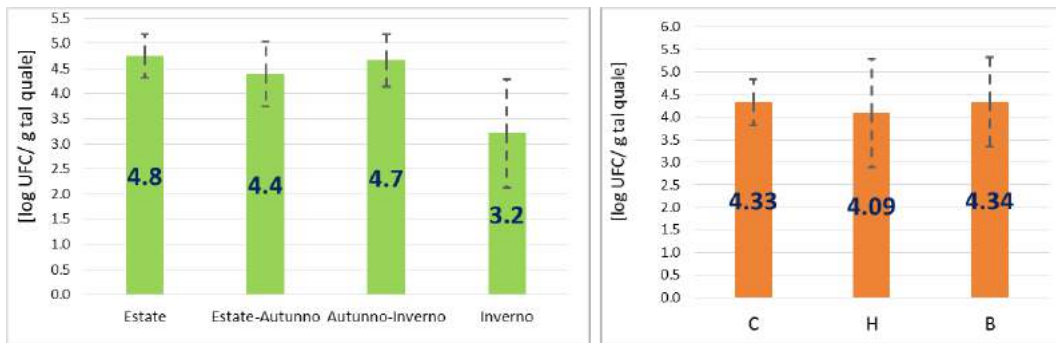


Figura 3.31 – Sonde modello HOBO Temperature Relative Humidity utilizzata nei rilievi ambientali



Figura 3.32 – Andamento della temperatura dell'aria (linea blu) e dell'umidità dell'aria (linea rossa) in un periodo di monitoraggio dell'azienda A

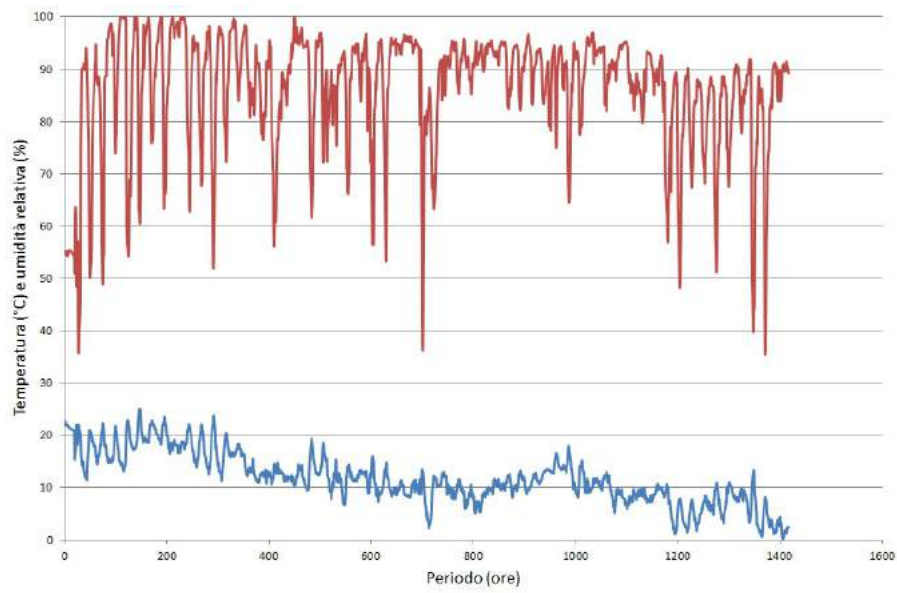


Figura 3.33 – Andamento della temperatura dell'aria (linea blu) e dell'umidità dell'aria (linea rossa) in un periodo di monitoraggio dell'azienda B

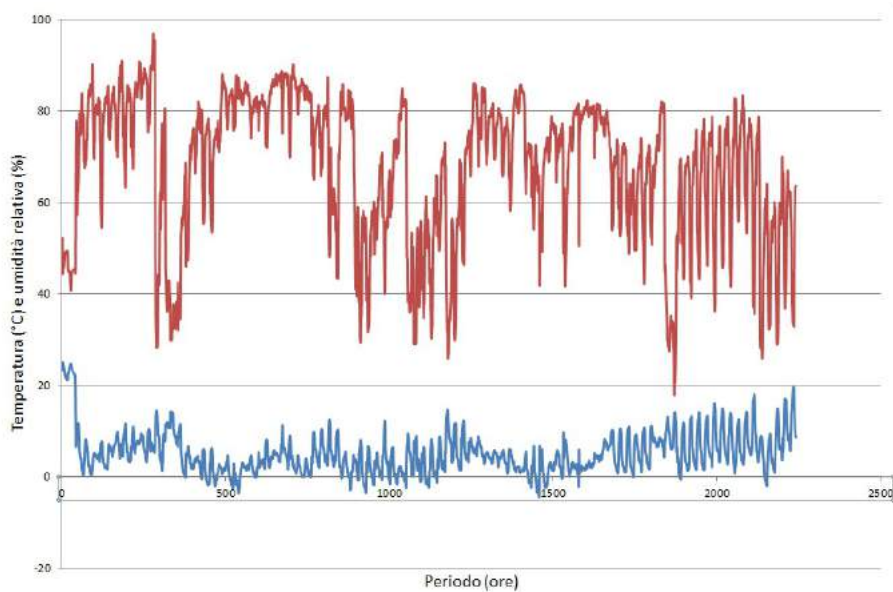


Figura 3.34 – Andamento della temperatura dell'aria (linea blu) e dell'umidità dell'aria (linea rossa) in un periodo di monitoraggio dell'azienda C

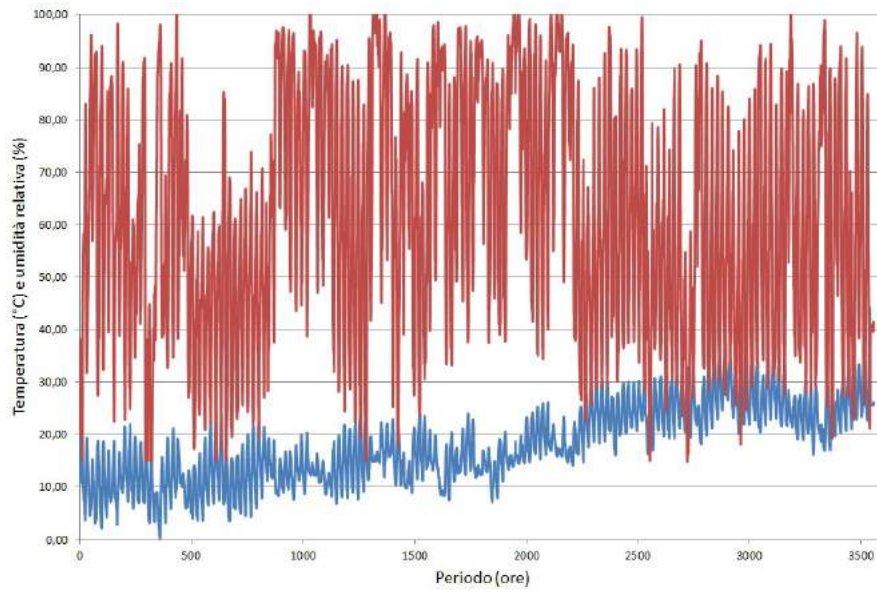


Figura 3.35 – Andamento della temperatura dell'aria (linea blu) e dell'umidità dell'aria (linea rossa) in un periodo di monitoraggio dell'azienda H, stalla 1

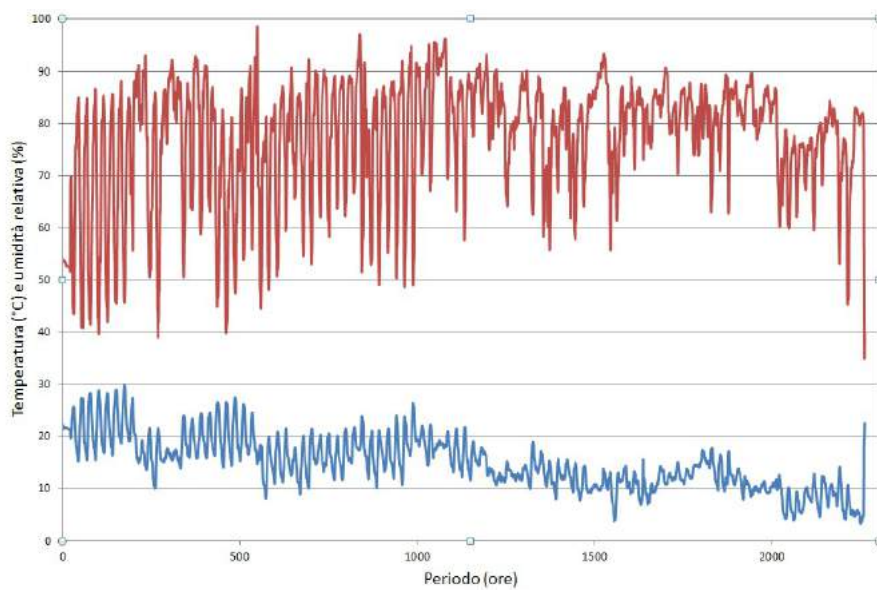
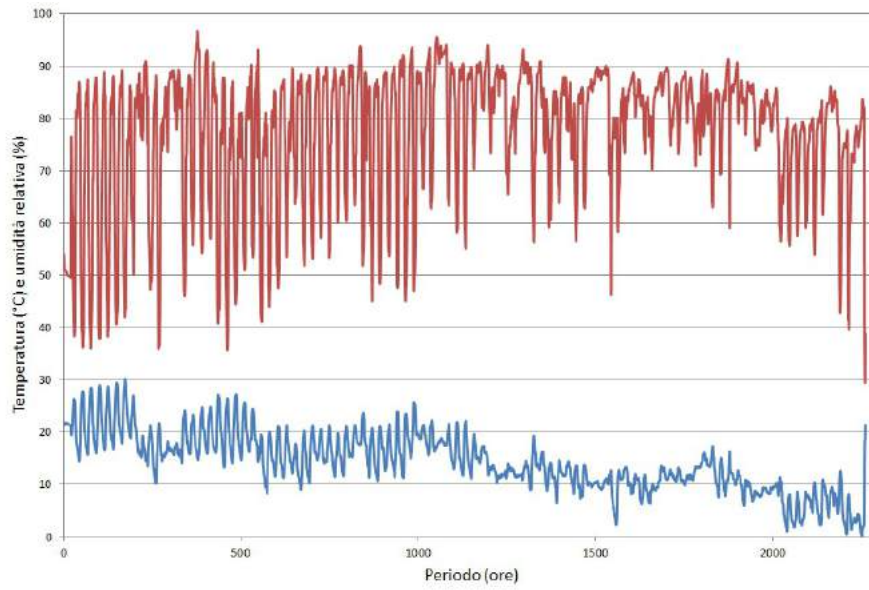


Figura 3.36 – Andamento della temperatura dell'aria (linea blu) e dell'umidità dell'aria (linea rossa) in un periodo di monitoraggio dell'azienda H, stalla 2



BIBLIOGRAFIA

- AIEL (2009) *Legna e cippato – Manuale pratico*. Litocenter Srl, Limena (PD).
- ASABE (2005) *Manure Production on Characteristics*. ASAE Standard D384.2 MAR2005.
- Barbari M., Gastaldo A., Rossi P., Zappavigna P. (2007) *Animal welfare assessment in cattle farms*, 2007 ASAE Annual Meeting, ASABE.
- Barberg A.E., Endres M.I., Janni K.A. (2007a) *Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study*. Appl. Eng. Agric. 23:231-8.
- Barberg A.E., Endres M.I., Salfer J., Reneau J. (2007b) *Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota*. J. Dairy Sci. 90:1575-83.
- Bewley J.M. (2009) *Understanding bedding materials for compost bedded pack barn*. University of Kentucky, Cooperative Extension Service, www.ca.uky.edu.
- Bewley J.M., Taraba J.L. (2009) *Compost-Bedded Pack Barn in Kentucky*. University of Kentucky, Cooperative Extension Service, issued 9-2009, www.ca.uky.edu.
- Black R., Bewley J., Taraba J., Day G., Damasceno F.A. (2013) *Kentucky compost-bedded pack barn project*. Cooperative extension service, University of Kentucky, College of agriculture, Lexington, KY, USA.
- Brewer S.K., Costello T.A. (1999) *In situ measurement of ammonia volatilization from broiler litter using an enclosed air chamber*. Transactions of the ASAE. 42 (5): 1415-1422.
- Cook N.B. (2008) *Time budgets for dairy cows: how does cow comfort influence health, reproduction and productivity?* Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop.
- CRPA (2008) *Valutazione del benessere dei bovini*. IBA – *Indice di benessere dell'allevamento*, Opuscolo 5.51, maggio.
- Demmers T.G.M., Burgess L.R., Short J.L., Phuillips V.R., Clarrk J.A., Wathers J.A. (1998) *First experience with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle building in the UK*. Atmospheric environment. 32: 285-294.
- Driehuis F., Bos E.L.-van den, Wells-Bennik M.H.J. (2010) *Microbial contaminants in bedding of loose housing system barns of dairy cattle*. NIZO-Rapport.
- Eckelcamp E.A., Taraba J.L., Akers K.A., Harmon R.J., Bewley J.M. (2016) *Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics and udder health*. Livestock Science, journal homepage: www.elsevier.com/locate/livsci.
- EFSA (2009) *Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease*. Report of the Panel on Animal Health and Welfare, Annex to the EFSA Journal (2009) 1143, 1-38.
- Enders M.I., Barberg A.E. (2007) *Behaviour of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system*. J. Dairy Sci. 90:4192-200.

- Galama P. (2011) *Prospects for bedded pack barns for dairy cattle*. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands.
- Galama P. (2014) *Bedded pack barns for dairy cattle in the Netherlands*. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands.
- Galama P., Dooren H.J. van, Ouweltjes W., Boer H. de, Driehuis F. (2017) *Sustainability of bedded pack barns – Bedding and housing in relation to cow comfort, milk quality and emissions*. 28 august 2014, EAAP Copenhagen, Session 48.
- Galama P., Dooren H.J. van, Ouweltjes W., Boer H. de, Driehuis F. (2017) *Development and sustainability of Fre Walk housing in the Netherlands*. February 23 2017, Lille France.
- Gastaldo A., Rossi P. (2011) *Indice di benessere dell'allevamento bovino da latte*. Professione allevatore, 10.
- INNOVA (2002) *Technical description of gas monitor 1312 and Multipoint sampler 1303 Innova Airtech Instruments A/S Denmark*.
- Janni K.A., Endres M.I., Reneau J.K., Schoper W.W. (2007) *Compost dairy barn layout and management recommendations*. Appl. Eng. Agric. 23:97-102.
- Klaas I.C., Bjerg B., Friedmann S., Bar D. (2010) *Cultivated barns for dairy cows - an option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark?* Dansk Veterinærtidsskrift. 93:20-9.
- Klaas I.C., Bjerg B. (2011) *Compost barns - an alternative housing system for dairy cows?* CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour. 45:1-9.
- Kopcha M., Bartlett P., Coe P., Ames K., Beede D.K., Sears P., Cmach L. (2003) *Animal Initiative Project: Michigan Lameness Study*. Michigan Dairy Review. MSU Animal Science Dept.
- Lensink J., Ofner-Schröck E. (2017) *Compost barns for dairy cows: Austrian case study and research*. CIGR Cattle Housing Group, EuroDairy 23/02/2017.
- Leso L., Uberti M., Barbari M. (2013) *Compost barn, una soluzione amica del benessere*. L'allevatore Magazine. 11:38-46.
- Leso L., Uberti M., Morshed W., Barbari M. (2013) *A survey of Italian compost dairy barns*. Journal of Agricultural Engineering, XLIV:e17.
- Lobeck K.M., Endres M.I., Shane E.M., Godden S.M., Fetrow J. (2011) *Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest*. J. Dairy Sci. 94:5469-79.
- Menard J.-L., Capdeville J., Roussel P. (2017) *Composted bedding for dairy cows: 1st experiences in France and proposed recommendations*. Institut de l'Elevage, France, Workshop EuroDairy 23/02/2017.
- Ofner-Schröck E., Zähner M., Huber G., Guldemann K., Guggenberger T., Gasteiner J. (2013) *Kompoststall - funktionell und tiergerecht?* Bautagung Raumberg-Gumpenstein. 2013:15-22. R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <http://www.R-project.org/>

- Pedersen A.R., Petersen S.O., Vinther F.P. (2001) *Stochastic diffusion model for estimating trace gas emissions with static chamber*. Soil. Science Soc. Am.: 49-58.
- Moscatelli G., Fabbri C. (2008) *Con la paglia aumentano i gas serra*. Informatore Zootecnico n.13.
- Rossi L., Piccinini S., Garuti M., Soldano M., Verzellesi F. (2016) *Biogas, stato igienico-sanitario dei digestati agrozootecnici*. Informatore Agrario n.43.
- Rossi P. (2009) *Quali strutture d'allevamento per garantire il cow comfort*. Informatore Zootecnico, 16.
- Rossi P. (2016) *I sistemi di ventilazione per il comfort delle vacche*. Agricoltura, Speciale bovine da latte, febbraio/marzo.
- Rossi P. (2016) *Il ruolo delle strutture d'allevamento nella fertilità delle vacche da latte*. In atti del 18° Congresso Internazionale SIVAR 11-13 maggio 2016, Cremona.
- Rossi P. (2019) *Stabulazione, le dimensioni fanno la differenza*. Supplemento Stalle da latte a L'Informatore Agrario, 3.
- Rossi P., Gastaldo A. (2005) *La cuccetta ideale per le bovine*. Supplemento n. 1 a L'Informatore Agrario, 39.
- Rossi P., Gastaldo A. (2006) *L'indice di benessere dell'allevamento*. Da: Dossier *Così la stalla diventa confortevole*, Informatore Zootecnico, 12.
- Rossi P., Gastaldo A. (2007) *Stalle di bovini da latte: come gestire gli effluenti*. Agricoltura, 3.
- Rossi P., Gastaldo A., Zappavigna P., Barbari M. (2007) *Misurare il benessere aiuta gestione e produzione*. Supplemento a L'Informatore Agrario, 22.
- Rossi P., Gastaldo A. (2008) *Le stalle a cuccette di medie dimensioni*. In Dossier "Cuccette e grigliati", L'Allevatore Magazine, 11.
- Rossi P., Gastaldo A. (2013) *Costruire una stalla a misura di benessere*. Da "La nuova stalla da latte" a cura di Roberto Bartolini, Edagricole.
- Shane E.M., Endres M.I., Janni K.A. (2010) *Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: a descriptive study*. Appl. Eng. Agric. 26:465-73.
- Smits M.C.J., Aarnink A.Y.A. (2009) *Verdamping uit ligbodems van vrijloopstallen; oriënterende modelberekeningen*. Rapport 230. Wageningen UR Animal Sciences Group, Lelystad, The Netherlands.
- Vighi P., Uberti M., Calamari L. (2009) *Più benessere per le bovine con l'erplicatura della lettiera*. Terra e Vita 24:43-6.
- Whay H.R., Main D.C.J., Green L.E., Webster A.J.F. (2002) *Farmer perception of lameness prevalence*. In Proc. 12th Int. Symp. Lameness in Ruminants, Orlando.