

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e
Ambiente

Corso di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Animali

Messa a punto di un sistema di RFID (Radio Frequency Identification) per il monitoraggio di galline ovaiole in un sistema cage-free

Relatore
Prof.ssa Angela Trocino
Correlatore
Dott.ssa Claudia Ciarelli

Laureando
Giacomo Endrizzi
Matricola n.
2007134

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

- RIASSUNTO.....	4
- ABSTRACT.....	6
- INTRODUZIONE.....	8
- Inquadramento della filiera.....	8
- Sistemi di stabulazione per le galline ovaiole.....	13
- Precision livestock farming (PLF) nell'allevamento avicolo.....	16
- OBIETTIVI.....	18
- MATERIALI E METODI.....	19
- RISULTATI E DISCUSSIONE.....	24
- CONCLUSIONI.....	29
- BIBLIOGRAFIA.....	30

RIASSUNTO

La rapidità con cui l'uso delle tecnologie in ambito zootecnico si sta diffondendo e la maggiore sensibilità da parte di popolazione e consumatori rispetto al benessere animale e alla salute pubblica promuovono la ricerca di soluzioni di allevamento di precisione (precision livestock farming) anche per il controllo del benessere in allevamento.

Nell'allevamento delle galline ovaiole, soprattutto in condizioni di allevamento cage-free, c'è l'esigenza di mettere a punto sistemi che possano coadiuvare l'allevatore nell'individuazione di comportamenti anomali che possono causare lesioni e mortalità negli animali legati, per esempio, a un utilizzo non corretto dei nidi e a un sovraffollamento degli stessi nelle ore di deposizione.

Con questa premessa, la presente tesi ha analizzato il comportamento di un gruppo di galline ovaiole nei nidi di un sistema ad aviario, verificando al contempo la capacità del sistema di RFID (radio frequency identification) di identificare correttamente gli animali. Con l'ausilio di videoregistrazioni dall'interno del nido, sono stati analizzati i comportamenti delle galline ovaiole in due diversi momenti: a 21 settimane di età e a 28 settimane di età, in due nidi distinti e in due giornate diverse. Per ogni due ore di filmato sono stati presi in analisi 20 minuti non consecutivi e, sono stati registrati il numero di animali presenti all'inizio e alla fine, il numero di animali entrati e usciti con la relativa ora e l'osservazione di questi comportamenti: esplorazione, preening, riposo e deposizione.

I dati raccolti mostrano come il numero di galline presenti, indipendentemente dall'età, sia variato in funzione dalla fascia oraria di osservazione ($p < 0,001$), con una massima presenza di galline rilevata tra le 2 e le 4 ore dall'apertura del nido. Età e fascia oraria osservata non hanno invece modificato il tempo di permanenza ($p \geq 0,05$).

Per quanto riguarda la manifestazione dei comportamenti di specie considerati (esplorazione, preening, riposo e deposizione), è possibile affermare che la fascia oraria considerata ha modificato solo l'esplorazione ($p < 0,001$). Diversamente, tutti i comportamenti considerati in questo studio sono stati espressi in maniera differente a 21 e 28 settimane di età.

Per valutare l'efficacia del sistema di identificazione a radio-frequenza (RFID), i dati raccolti tramite le video-registrazioni sono stati confrontati con i dati rilevati e registrati nel database interno al sistema. Il sistema è risultato inadatto, nello specifico, ad un monitoraggio efficace del numero di animali che interagiscono con il dispositivo che ha riconosciuto e identificato solo gli animali in movimento, tralasciando quelli cosiddetti "statici". Il tempo medio trascorso all'interno del nido è risultato diverso nelle registrazioni rispetto ai dati registrati dal sistema RFID (6 minuti vs. 15 secondi). D'altra parte queste differenze non possono essere imputate esclusivamente al sistema RFID, ma possono essere ascritte anche alle modalità di

osservazione dei dati video-registrati che richiedono una revisione e probabilmente una lettura completa di tutte le osservazioni.

Va sottolineato che nonostante il fatto che i dati non coincidano, la correlazione fra i dati ($R^2=0,47$) è risultata indicativa per una buona stima del numero degli animali presenti nei nidi in un dato momento sulla base del sistema RFID.

In conclusione, questo studio preliminare ha evidenziato le potenzialità del sistema RFID per il monitoraggio degli animali e le ulteriori necessità di messa a punto del confronto con i dati rilevati tramite video-registrazioni.

ABSTRACT

Implementation of an RFID (Radio Frequency Identification) system for monitoring laying hens in a cage-free system

The speed with which the use of technologies in the livestock sector is spreading and the greater sensitivity of consumers towards animal welfare and public health promote the search for precision livestock farming solutions to control welfare on farms.

In the breeding of laying hens, especially in cage-free farming conditions, there is a need to develop systems that can assist the farmer in identifying anomalous behaviours that can cause injuries and mortality in animals, for example, the incorrect use of the nests and the hens overcrowding during laying.

Thus, this thesis analysed the behaviour of a group of laying hens in the nests of an aviary system, verifying the ability of the RFID (radio frequency identification) system to correctly identify the animals.

The behaviours of the laying hens were video-recorded and analyzed at two different times: 21 weeks of age and 28 weeks of age, in two separate nests and on two different days. For every two hours of filming, 20 minutes were analyzed, where the number of animals present at the beginning and at the end, the number of entries and exits with the relative time and the observation of these behaviours were recorded: exploration, preening, rest and deposition.

The data collected shows how the number of hens present, regardless of age was strongly influenced by the time slot ($p < 0,001$), with a maximum presence detected between 2-4 hours from the opening of the nest. Age and time slot did not, however, significantly influenced the length of stay.

As regards the behaviours of the species (exploration, preening, rest and deposition), the time slot of observation had a statistically significant effect only on exploration ($p < 0.001$).

The age of the animal, however, is particularly influential, as in all the behaviours considered in this study, the differences observed were statistically significant.

To evaluate the effectiveness of the radio frequency identification (RFID) system, the data collected through recordings were compared with the data detected and recorded in the system's internal database.

The system was found to be unsuitable, specifically, for effective monitoring of the number of animals interacting with the device which recognized and identified only moving animals, leaving out the so-called "static" ones. The average time spent inside the nest was different in the recordings compared to the data recorded by the RFID system (6 minutes vs. 15 seconds).

On the other hand, these differences cannot be attributed exclusively to the RFID system, but can also be ascribed to the methods of observation of the video-recorded data which require

a review and probably a complete reading of all the observations. It should be underlined that despite the fact that the data do not coincide, the correlation between the data ($R^2= 0,47$) was indicative for a good estimate of the number of animals present in the nests at a given time based on the RFID system. In conclusion, this preliminary study has highlighted the potential of the RFID system for animal monitoring and the further need to fine-tune the comparison with the data collected via video recordings.

INTRODUZIONE

INQUADRAMENTO DELLA FILIERA

L'uovo rappresenta un alimento diffuso in tutto il mondo, il suo consumo non è associato a pregiudizi di natura etnica o religiosa ed è un prodotto estremamente versatile in cucina e nell'industria alimentare, dove viene utilizzato per le sue proprietà tecnologiche come schiumogeno, emulsionante, adesivo, tampone sul pH (Stadelman, 1999).

Rappresenta un alimento particolarmente ricco di nutrienti, quali proteine ad alto valore biologico, vitamina A, riboflavine, vitamina B12, acido folico, vitamina D, vitamina E, vitamina K, calcio, ferro, selenio, β -carotene, luteina e zeaxantina (Yang et al., 2014). Il tuorlo è la componente dell'uovo più ricca di nutrienti, sia per quanto riguarda il profilo proteico, sia per quanto riguarda il contenuto di lipidi (Tabella 1), mentre il contenuto di magnesio è superiore nell'albume.

Tab. 1 - “Composizione nutrizionale dei principali alimenti di origine animale (per 100g di porzione edibile)” (Yang et al., 2014)

Composizione nutrizionale dei principali alimenti di origine animale (per 100g di porzione edibile)							
Alimento	Uovo (intero)	Albume	Tuorlo	Manzo (controfiletto)	Maiale (controfiletto)	Pollame	Latte intero
Energia (Kcal)	138,0	49,0	353,0	192,0	262,0	180,0	60,0
Carboidrati (g)	2,8	1,8	1,8	0,2	0,2	0,1	4,7
Proteine (g)	11,8	9,8	15,3	20,1	17,4	19	3,2
Grasso totale (g)	8,2	0	29,8	11,3	19,9	10,6	3,2
Colesterolo (mg)	475,0	1,0	1281,0	64,0	55,0	75,0	11,0
Vitamina A (µgRE)	153,0	0	454,0	7,0	5,0	50,0	28,0
Betacarotene (µg)	18,0	0	54,0	0	0	0	12,0
Vitamina D (µg)	3,0	0	6,0	-	-	-	1,0
Vitamina E (mg)	0,7	0	3,6	0,3	0,1	0,3	0,1
Vitamina K (mg)	-	-	0,7	-	0	1,5	0,2
Tiamina (mg)	0,05	0,02	0,22	0,09	0,61	0,2	0,04
Riboflavina (mg)	0,28	0,44	0,44	0,2	0,15	0,21	0,14
Vitamina B ₆ (mg)	0,07	0	0,26	0,29	0,23	0,30	0,02
Vitamina B ₁₂ (µg)	1,29	0,09	2,0	1,04	0,53	0,31	0,4
Acido folico (µgDFE)	124,5	4,0	146,0	8,3	4,0	16,7	9,7
Calcio (mg)	43,0	3,0	139,0	22,0	6,0	10,0	105,0
Magnesio (mg)	1,2	11,0	5,0	-	21,0	-	-
Ferro (mg)	1,4	0,3	5,4	4,6	0,8	0,9	0,1
Zinco (mg)	1,3	-	4,2	2,8	1,8	2,2	0,4
Selenio (mg)	31,7	-	56,0	28,5	33,2	14,4	-

Tenendo in considerazione il costo unitario del prodotto, che risulta sensibilmente minore rispetto alle tipologie di carne riportate in Tabella 1, è evidente quanto l'uovo sia un prodotto particolarmente valido come fonte alimentare all'interno di una dieta.

A livello globale, la richiesta da parte dei consumatori di prodotti di origine animale è in aumento a causa di un effetto congiunto di crescita demografica e aumento dei redditi, che non solo permette una maggiore capacità di acquisto, ma va a modificare anche la composizione della dieta, favorendo prodotti più ricchi come i prodotti di origine animale (FAO, 2018). Di conseguenza, Alexandratos e Bruinsma (2012) hanno previsto un aumento consistente della produzione di alimenti di origine animale tra il 2005 e 2050, pari a circa + 70%, e un raddoppiamento della domanda (Henchion et al. 2017). Nello specifico, è stato stimato un valore atteso del + 65% della produzione di uova (Alexandratos e Bruinsma, 2012).

A livello mondiale, i principali produttori mondiali di uova per il consumo fresco sono India, Indonesia e Stati Uniti d'America (Figura 1)

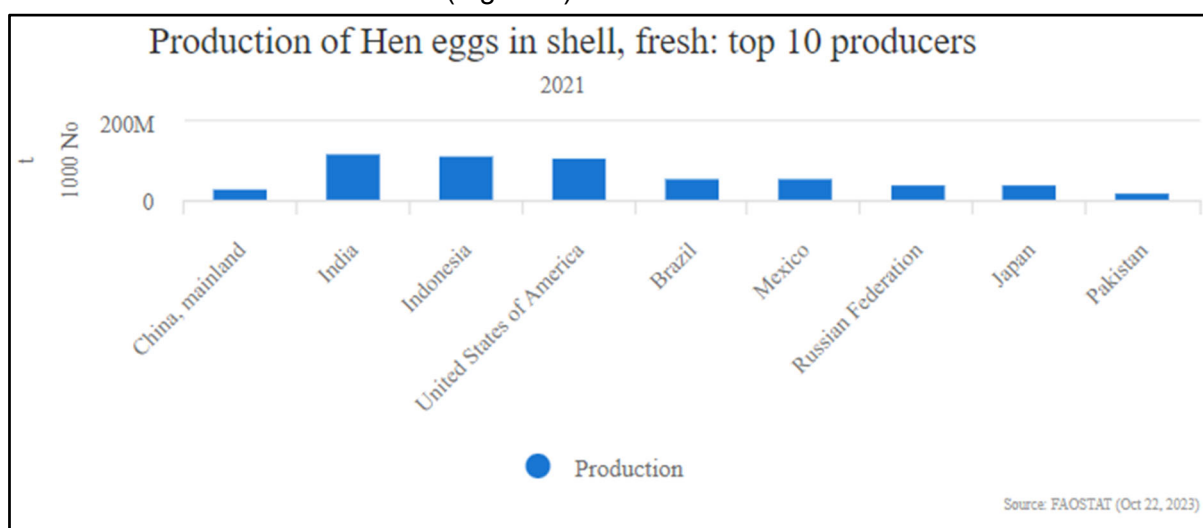


Fig.1 - I 10 principali produttori mondiali di uova fresche nel 2021 (FAOSTAT, 2023)

La produzione mondiale è concentrata soprattutto in Asia, che contribuisce per il 64,2% dell'intera produzione mondiale (Figura 2). Seguono poi rispettivamente America (19,0 %) ed Europa (11,8 %).

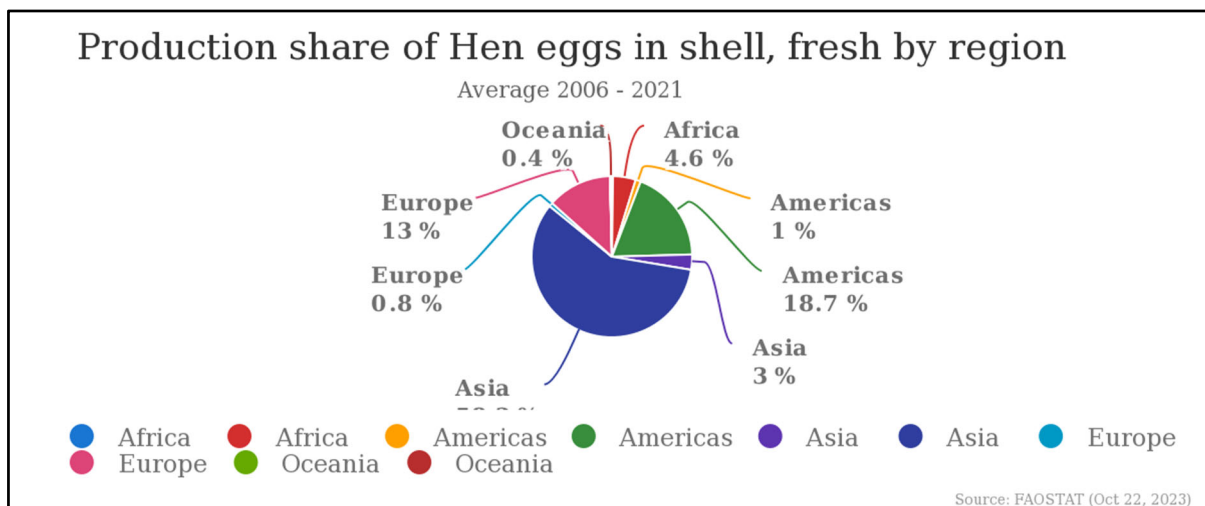


Fig. 2 - Produzione percentuale di uova fresche per continente (FAOSTAT, 2023)

In Europa, tra i principali tre produttori di uova troviamo Germania (985 mila tonnellate), Francia (964 mila tonnellate) e Spagna (850 mila tonnellate). L'Italia arriva al quarto posto, con una produzione di 785 mila tonnellate nel 2022 (European Commission, 2023). Nel 60,3% degli allevamenti europei, la stabulazione non prevede l'utilizzo di gabbie per 234,9 milioni di ovaiole (Figura 3), mentre 154,4 milioni di galline sono stabulate in gabbie dotate di arricchimenti ambientali.

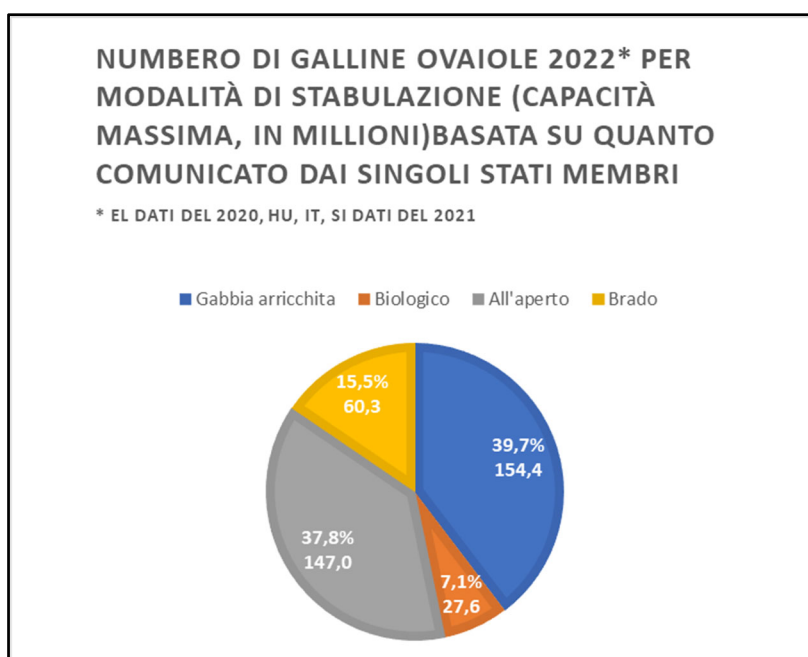


Fig. 3 - Numero di galline ovaiole in base al tipo di stabulazione (Commissione europea, 2023)

In Italia, la produzione annuale media italiana si attesta attorno alle 13 milioni di tonnellate di uova ed è concentrata in Emilia Romagna (371 mln di fatturato nel 2022) , Lombardia (304 mln) e Veneto (281 mln) (ISMEA, 2023) (Figura 4)

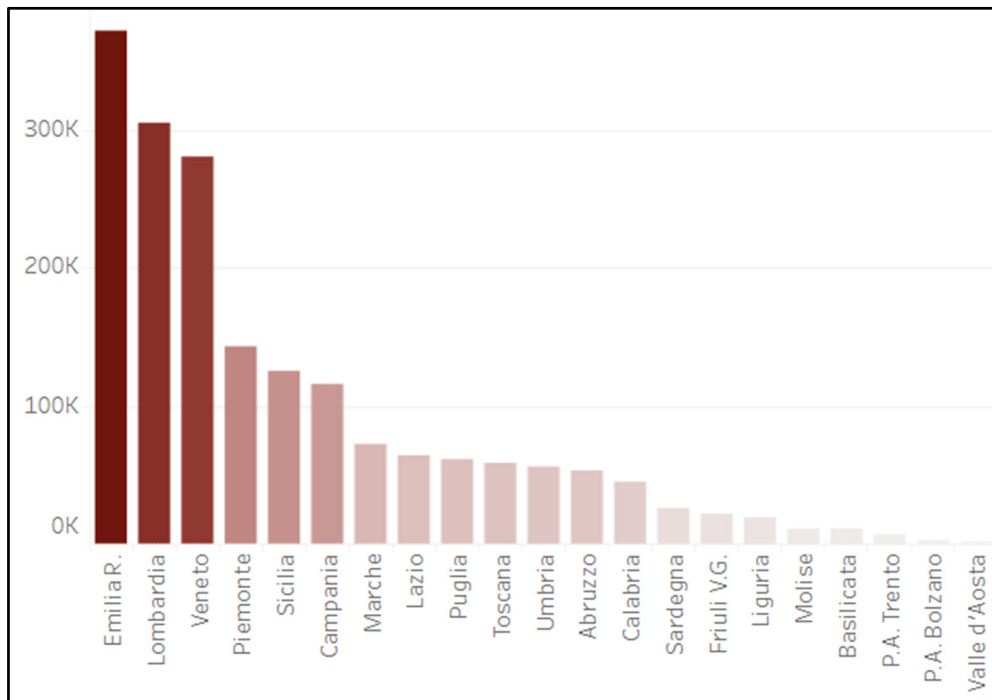


Fig. 4 - Produzione uova per regione, espressa per migliaia di euro, 2022 (ISMEA, 2023)

Nel corso degli ultimi anni, il comportamento del consumatore medio è cambiato. L'opinione pubblica ha sviluppato una maggiore consapevolezza rispetto allo stato di benessere animale negli allevamenti. Di conseguenza l'aspetto etico è entrato a far parte del processo decisionale durante l'acquisto. Secondo uno studio condotto da Schröder e McEachern (2004), il livello di informazione del consumatore influisce sul processo decisionale durante l'acquisto, in quanto è stato evidenziato come all'aumentare del livello di istruzione della popolazione, aumenta anche la sensibilità in materia di etica animale e in particolare delle condizioni di allevamento.

SISTEMI DI STABULAZIONE PER GALLINE OVAIOLE

In seguito al Boom Economico degli anni '60, i sistemi di allevamento tradizionali familiari, basati sulla stabulazione di pochi animali a duplice attitudine (carne e uova), talvolta in strutture di fortuna ed essenziali, sono andati in contro ad un rapido sviluppo delle tecniche di allevamento e delle tecnologie associate e, di conseguenza, delle stesse strutture ad oggi in grado di ospitare numerosi animali. Ciò ha portato un miglioramento sensibile dal punto di vista puramente produttivo e ha spostato il focus principale su quello che è il benessere animale. Si è passati, infatti, da una concezione puramente orientata all'ottenimento della massima produzione, ad una che ha cercato, e cerca ancora, di avvicinarsi il più possibile ad un sistema ideale che tenga in considerazione il benessere animale, al fine di garantire una vita dignitosa allo stesso.

Nel 1999 è stata emanata la Direttiva 1999/74/CE, che sanciva l'abolizione dell'utilizzo delle cosiddette gabbie convenzionali, recepita dagli Stati Membri e applicata obbligatoriamente a partire dal 1° gennaio 2012. Questo ha portato ad un miglioramento in termini di spazio (viene infatti aumentato lo spazio per ogni capo stabulato), di comfort e di struttura, in quanto impone l'utilizzo di arricchimenti ambientali, come ad esempio tende in materiale plastico disposte in modo tale da suscitare nell'animale una sensazione di riparo e protezione, in linea con il comportamento etologico della specie.

La stabulazione degli animali ad oggi può avvenire in diverse modalità, identificabili in tre tipologie principali: gabbie arricchite, sistemi che non prevedono l'utilizzo di gabbie e sistemi di stabulazione con accesso all'aperto, inclusi i sistemi biologici.

Nei primi gli animali sono allevati all'interno di gabbie collettive allestite con i cosiddetti arricchimenti ambientali, con lo scopo di favorire alcuni comportamenti specie-specifici e diminuire le fonti di stress a cui gli animali sono sottoposti. Nonostante alcuni comportamenti di specie siano sostanzialmente limitati, come ad esempio il volo (Appleby et al., 1988), o alcuni elementi possano essere fonte di stress, per esempio la mancanza o scarsità di lettiera (Shimmura et al., 2008), è stato dimostrato come la mortalità sia inferiore rispetto alle altre due tipologie (Sherwin et al., 2010). Anche la qualità dell'aria risente positivamente di questo sistema. Infatti, come verificato in uno studio da Rodenburg et al. (2008), un problema particolarmente impattante presente negli allevamenti a terra che utilizzano la lettiera è appunto la scarsa qualità dell'aria, dovuta ad un accumulo di polveri e batteri dannosi per la salute degli animali (Pedersen et al., 2000).

D'altra parte, i sistemi di stabulazione che non prevedono la stabulazione in gabbia permettono l'espressione di tutto il corredo comportamentale della specie, così come il movimento orizzontale e verticale (Lay jr. et al., 2011). Solitamente è necessario un intervento di debeccaggio su tutti gli animali, per prevenire fenomeni di cannibalismo (Cloutier et al., 2002). La qualità della lettiera deve essere costantemente monitorata per evitare fenomeni fermentativi e di accumulo di ammoniaca, che potrebbero comportare la comparsa di dermatiti podali (Wang et al., 1998). In ultimo vi sono i sistemi di allevamento all'aperto, che tra i sistemi presentati permettono la massima espressione del comportamento di specie. Se la zona all'esterno non è adatta per copertura erbosa, esposizione rispetto al sole o per la mancanza di adeguati fonti idriche o riparo dal maltempo, la condizione di forte stress può portare ad un aumento dei casi di cannibalismo (Hegelund et al., 2005).

La distribuzione dell'alimento, negli allevamenti commerciali, può avvenire con diverse modalità, come ad esempio tramite mangiatoie circolari, disposte in linea lungo un braccio di distribuzione collegato ad una tramoggia. Risultano facilmente sollevabili, lavabili e regolabili in altezza, facilitando la prensione dell'alimento e garantendo una maggiore igiene per tutto il processo produttivo, staccandosi dal terreno e, quindi, dalle feci. Un altro tipo di sistema di somministrazione sono le mangiatoie con tubo telescopico, dove ogni mangiatoia è collegata ad un braccio telescopico indipendente. Tra le soluzioni che possiamo trovare in un allevamento di medie-grandi dimensioni troviamo in ultimo le mangiatoie lineari a canaletta. Sono costituite da un'unica canalina, al cui interno scorre una catena che trasporta il mangime da una testata all'altra.

Al di là del sistema adottato, però, risulta fondamentale e di cruciale importanza la sua progettazione in particolare per quanto riguarda posizione e dimensionamento. Infatti ad esempio se lo spazio lineare di mangiatoia a disposizione di ogni capo allevato risultasse troppo ristretto, questo porterebbe ad un affollamento di animali che causerebbe stress, aggressività e minor tempo dedicato all'alimentazione (Meunier-Salaün and Faure, 1984; Thogerson et al., 2009). Al contrario, uno spazio eccessivo aumenterebbe gli sprechi alimentari con effetti negativi sull'indice di conversione (Sirovnik et al., 2018)

Per quanto riguarda la distribuzione dell'acqua possiamo trovare abbeveratoi a goccia, particolarmente adatti per i volatili, in quanto permettono un facile utilizzo nonostante la conformazione della bocca degli avicoli. Possono essere dotati di salva-goccia, che impedisce l'inumidimento della lettiera e riduce gli sprechi. Una soluzione talvolta presente è l'abbeveratoio a tazza, utilizzato di rado in quanto meno adatti per i volatili, con conseguente aumento degli sprechi e dell'inumidimento della lettiera.

I sistemi di ventilazione sono fondamentali per l'eliminazione di gas pericolosi come l'ammoniaca, nonché di polveri e umidità, che influenzano la salubrità dell'ambiente di allevamento (Nimmermark et al., 2005). È importante evitare che l'aria cada direttamente sugli animali, soprattutto se fredda, direzionando il flusso in entrata verso l'alto e permettendole di scaldarsi. Questo movimento garantisce un adeguato ricircolo dell'aria. Gli sbalzi termici sono particolarmente pericolosi soprattutto nelle fasi iniziali di allevamento in quanto gli animali sono sprovvisti di un piumaggio efficace nello schermare l'aria e delle scarse difese immunitarie, pregiudicandone la salute e la sopravvivenza.

Il sistema di illuminazione permette di controllare la durata e l'intensità dell'illuminazione. Ciò risulta fondamentale nell'applicazione di quelli che sono i cosiddetti programmi luce, stilati a monte dell'inizio della fase di allevamento e variabili in base alla fase del ciclo di vita dell'animale influenzando la fisiologia riproduttiva (Lewis et al., 1999) e la produzione, come ad esempio il peso medio dell'uovo (Durmus e Kalebasi, 2009).

Garantire una temperatura adatta all'animale oltre ad essere essenziale da un punto di vista del benessere animale, influisce significativamente sulla produzione, in quanto influenza alcuni parametri come la forma, peso, qualità del guscio e il tempo di deposizione (Tůmová e Gous, 2012; Hu et al., 2021). Il controllo viene effettuato sia con sistemi di riscaldamento che con sistemi di raffrescamento.

Un altro parametro ambientale da controllare è la concentrazione di polveri, che sul lungo periodo possono provocare infiammazioni, ipersensibilità, lesioni polmonari e patologie croniche a carico dell'apparato respiratorio (David, et al. 2015).

PRECISION LIVESTOCK FARMING (PLF) NELL'ALLEVAMENTO AVICOLO

L'allevamento di precisione, in inglese Precision Livestock Farming rappresenta un nuovo approccio all'allevamento, che si prefigge di ottimizzare la produzione, controllando ambiente e animale. Il fulcro specifico di questa nuova visione dell'allevamento è il monitoraggio di tutti quegli aspetti e parametri che influiscono, direttamente o indirettamente, sulla produzione animale quali: alimentazione, stato di salute e comportamento, caratteri produttivi e riproduttivi. Questi sistemi raccolgono dati e possono avvertire i responsabili di eventuali problematiche rilevate, permettendo un intervento tempestivo.

Le tecnologie impiegate sono le più disparate: microfoni, telecamere, sensori termici o di pressione.

Il principale problema da affrontare per la calibrazione di queste tecnologie è che l'animale può essere inteso come un sistema CITD, i.e. complex, individual, time-varyng, dinamic (Quanten et al. 2006), dove è difficile ottenere informazioni individuali in un contesto come quello dell'allevamento avicolo dove i numeri degli animali che fanno parte di uno stesso gruppo sono piuttosto alti.

Per quanto riguarda gli allevamenti di galline ovaiole, in bibliografia sono disponibili diversi esempi di monitoraggio di variabili correlabili con lo stato di salute, la condizione di benessere, e/o la produzione degli animali (Li et al. 2020a). Ad esempio, l'analisi delle vocalizzazioni registrate tramite microfoni posti vicino agli animali in maniera non invasiva, può fornire un'istantanea di quello che è il loro stato di salute e benessere (Manteuffel et al. 2004), misurandone durata, intensità e frequenza. In uno studio effettuato su 30 individui di cui 15 infettati da *Clostridium perfringens*, il sistema ha dimostrato un'accuratezza del 66,6% nel riconoscimento degli animali infetti al 2° giorno del test, mentre all'8° l'accuratezza è arrivata al 100% (Banakar et al. 2016).

Radio tracking: principi di funzionamento

Si tratta di un sistema che permette il tracciamento degli spostamenti di un singolo animale tramite identificazione a radio-frequenza o RFID (Radio Frequency Identification), sistema che utilizza una combinazione di 2 dispositivi essenziali: un microchip e un'antenna (Want, 2006). Le applicazioni commerciali di questi sistemi agli allevamenti avicoli sono limitate poiché si tratta di un investimento particolarmente oneroso e di difficile implementazione. È una tecnologia molto più consolidata nell'allevamento di animali di maggiori dimensioni, come suini e bovini.

Rappresenta uno strumento utile al monitoraggio degli animali nell'ambito sperimentale, in quanto permette di monitorare costantemente la posizione e l'attività di ogni singolo animale, completamente da remoto (Li et al. 2020b).

Il funzionamento è piuttosto semplice e si compone di 2 elementi fondamentali:

- microchip: fissato sulla zampa o sul dorso, fornisce la posizione all'antenna tramite l'emissione di un segnale a radio-frequenza
- antenna: rileva la posizione del microchip ogni volta che questo entra nel suo campo di azione e permette il riconoscimento dell'individuo, l'individuazione della posizione e la registrazione dei dati, all'interno di un database.

OBIETTIVI

La presente tesi di laurea presenta uno studio preliminare effettuato su un campione di galline ovaiole allevate in un aviario cage-free, per analizzare e comprendere l'efficienza, le potenzialità, le criticità e i possibili campi di utilizzo di un sistema di radio-identificazione RFID (Radio Frequency Identification).

Le prestazioni di tale sistema sono state stimate in base alla capacità dello strumento di individuare correttamente ogni animale che entra od esce dal nido (e il momento di ingresso/uscita). Per la comparazione sono stati confrontati questi dati con quelli raccolti tramite la visione di video-registrazioni dall'interno di due nidi (nido 1 e nido 2) presi come campione. A questo primo obiettivo si è affiancato quello dello studio della variazione nel tempo di permanenza medio per capo all'interno del nido e della frequenza dell'estrinsecazione dei principali comportamenti etologici, quali esplorazione – preening – riposo – deposizione, al variare dell'età e della fascia oraria di osservazione.

MATERIALI E METODI

Approvazione etica

L'Organismo per la Protezione del Benessere Animale (OPBA) ha approvato la sperimentazione. Nella gestione degli animali sono stati rispettati i principi sanciti dalla Direttiva EU 2010/63/EU inerente alla protezione degli animali allevati a fini sperimentali e scientifici; la cura degli animali è stata affidata a dottorandi e studenti delle lauree triennale e magistrale del corso di Scienze e Tecnologie animali, oltre che al personale veterinario di stalla.

Strutture di stabulazione, animali e gestione dell'ambiente

La prova si è svolta all'interno dell'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova. All'interno della struttura (Figura 5), era presente una voliera a tre piani divisa in 8 moduli separati (dimensione singolo modulo 2,50 m x 2,44 m x 2,83 m), ciascuno dei quali ospitava un numero di 225 animali per una densità di circa 9 galline/m² di superficie utile a disposizione (inclusa la superficie dei piani dell'aviario).

Per il mantenimento di una temperatura costante, tra i 18 e i 25°C, e un'umidità relativa tra il 40% ed il 60%, all'interno della stalla erano presenti finestre invernali per l'ingresso dell'aria ad apertura automatica, oltre che ventilatori ad estrazione ed un cooling system responsabile



Fig. 5 - Stalla galline ovaiole nell'azienda agraria sperimentale "L. Toniolo"

del raffrescamento; la stalla era inoltre dotata di illuminazione esclusivamente artificiale.

L'aviario era costituito da tre piani in rete collocati al centro della struttura ed equipaggiati con due file di mangiatoie lineari, azionate automaticamente, presenti al primo e terzo piano e abbeveratoi a goccia distribuiti

su due file al primo piano e una fila singola al secondo piano.

Unicamente al secondo piano erano collocati un totale di 32 nidi collettivi (1 nido ogni 60 animali, superficie del nido 0,547 m²), due nidi speculari in ciascun modulo, con accesso schermato da tendine in plastica, illuminazione autonoma rispetto al resto dell'impianto e sistema di espulsione delle galline per la chiusura del nido. Il fondo del nido era costituito da un tappetino in materiale plastico con setole alte 10 mm.

Dai nidi collettivi le uova, grazie alla pendenza, confluivano al nastro che era posto centralmente alla struttura e consentiva il trasferimento delle uova dal nido in cui erano deposte alla testata dell'aviario.

L'aviario era attrezzato con trespoli (lunghezza 1,25 cm); due esterni alla struttura sfalsati al primo e secondo piano, gli altri trespoli interni alla struttura disposti sopra le mangiatoie e quattro trespoli (lunghezza 2,50 cm), al terzo piano.

Tra i vari piani era presente un sistema per la raccolta delle deiezioni costituito da nastri mobili e raschietti per la rimozione della pollina a terra sotto l'aviario. La gestione di luce, distribuzione di acqua e alimento, l'apertura e chiusura dei nidi, pulizia dei nastri e azionamento dei raschietti, oltre che il nastro raccolta uova, erano regolate automaticamente con centralina di automazione.

Per il monitoraggio dei nidi erano installate 2 telecamere Infrared mini-dome 4 mp con obiettivo fisso da 36 mm, risoluzione 1080 p, grado di protezione IP67 (HAC-HDW1220MP; Zhejiang Dahua Technology Co., Ltd.; Hangzhou, Cina) che consentivano la videosorveglianza in tempo reale. Il sistema era corredato da videoregistratore.

Un totale di 1800 pollastre (Figura 7), ibridi commerciali Hy-Line Brown sono state accasate a 17 settimane di età negli 8 moduli disponibili, collocando 225 galline per singolo modulo.

Nel corso dell'allevamento, il programma luce è stato impostato in funzione della data di accasamento degli animali e secondo il manuale per la corretta gestione delle galline Hy-Line Brown. Quando queste galline vengono allevate in un sistema che prevede l'utilizzo della voliera è consigliato, come è stato fatto durante la prova, utilizzare un sistema di spegnimento delle luci che simuli il tramonto per incoraggiare gli animali a salire nelle zone rialzate dell'aviario durante la notte.

Inoltre, la stimolazione luminosa è stata modificata con la curva di crescita degli animali fino ad arrivare al periodo del picco di produzione raggiungendo le 16 ore di illuminazione (26 settimane di età). Il programma di illuminazione nel corso della prova è stato modulato con effetto alba e tramonto, quindi accensione e spegnimento gradualmente.

Nel corso della prova, la programmazione dei nidi e gli orari di alimentazione sono variati in funzione delle modifiche del programma luce.

Rilievi sperimentali

Nel corso della prova il comportamento degli animali è stato registrato una volta la settimana per 24 ore. Per gli obiettivi specifici della presente tesi di laurea, sono state considerate le registrazioni raccolte in due giornate diverse:

- 08/12/2022: galline a 21 settimane di età (inizio dell'ovodeposizione);
- 28/01/2023: galline a 28 settimane di età (percentuale di ovodeposizione >90%).

L'analisi dei video ha considerato i due nidi di un modulo in cui erano posizionate le antenne dal momento dell'apertura alla loro chiusura per un totale di 42 video (un'ora di registrazione per video).

Per ogni ora di filmato e con i nidi aperti, sono stati visionati e analizzati 10 minuti per video. Per ogni animale visto sono state registrate, oltre che l'orario di entrata e uscita, anche le attività svolte dall'animale quali: riposo, esplorazione, pulizia del piumaggio e deposizione dell'uovo, come da descrizione nella Tabella 2.

Il momento di ingresso o uscita veniva determinato in base alla posizione di entrambe le zampe: se entrambe si trovavano all'interno dell'area del nido, l'animale era considerato all'interno del nido; viceversa l'uscita della gallina era conteggiata nel momento in cui questa aveva entrambe le zampe fuori.

Tab. 2 - Descrizione dei comportamenti delle galline durante la loro permanenza all'interno del nido

Comportamento	Sigla	Descrizione
Riposo	R	Gallina inattiva sul fondo del nido
Esplorazione	E	Gallina in movimento ed esplorazione con il becco
Preening	P	Gallina impegnata a pulire il piumaggio con il becco
Deposizione uovo	U	Specifico pattern di movimenti e dall'espulsione dell'uovo

I dati raccolti sono stati quindi confrontati con quelli registrati nel database dal sistema RFID (IDNOVA S.r.l., Montespertoli, Italia), costituito da quattro antenne UHF Smart SHELF IDN 3030 a polarizzazione circolare poste sotto la pavimentazione del nido e etichette RFID in PET mm 15 x 30 (Figure 6-8).

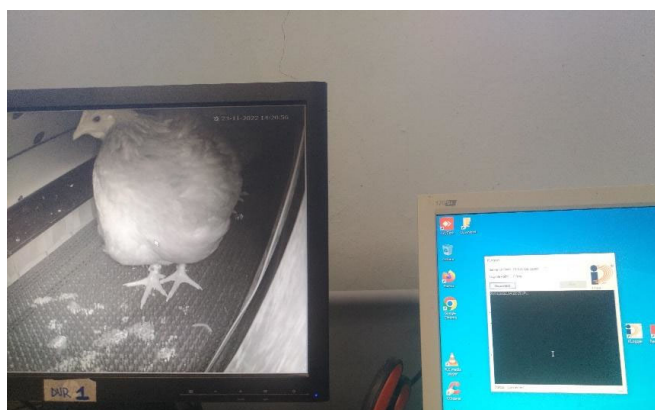
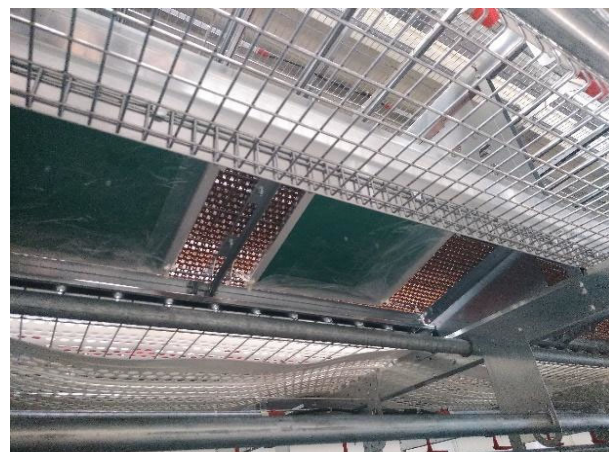


Fig. 6, 7 e 8 - posizione delle antenne sotto il nido (in alto a sinistra) (6), gallina all'interno del nido con fascetta e chip sulla zampa (in alto a destra) (7), preparazione delle fascette e chip (a fianco) (8)



Analisi statistica

I dati relativi al numero di galline osservate all'interno dei nidi sono stati analizzati con un modello misto lineare generalizzato e la PROC GLIMMIX di SAS (SAS Institute Inc., 2013) con la settimana di età e la fascia oraria come effetti principali e il nido come effetto random. Le settimane di rilievo sono state: 21 e 28. La fascia oraria divideva le 8 h di osservazione in 4 intervalli di osservazione da due ore ciascuno; le prime 2 h successive all'apertura del nido, quindi le successive due ore (3-4 h), le successive due (5-6 h) e quindi le ultime due (7-8 h). L'effetto della settimana di età e della fascia oraria di osservazione sulla frequenza dei comportamenti (% delle osservazioni) all'interno del nido (esplorazione, pulizia del piumaggio, riposo e deposizione) è stato confrontato utilizzando il test χ^2 . Le differenze tra le medie dei minimi quadrati con $p \leq 0,05$ sono state considerate statisticamente significative.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella tabella che segue (Tabella 3) vengono mostrati i dati sperimentali raccolti, in particolare il numero di galline osservate all'interno del nido, in funzione dell'età e della fascia oraria considerata. Il numero di galline all'interno del nido è risultato significativamente diverso in funzione della fascia oraria di osservazione, mentre non sono state osservate differenze in funzione dei fattori sperimentali testati per il tempo di permanenza all'interno del nido.

Tab. 3 - Effetto della settimana di età e della fascia oraria di osservazione sul numero di galline osservate all'interno del nido e sul tempo medio di permanenza (media \pm DS) (Osservazioni riferite ai primi 10 minuti di ogni ora; 20 minuti ogni 2 ore di osservazione)

	Settimana di età (E)		Fascia Oraria (T)				Prob		
	21	28	2 ore (2h)	2 ore (4h)	2 ore (6h)	2 ore (8h)	E	T	ExT
Galline, n	5,50 \pm 1,90	5,88 \pm 4,38	6,50 ^b \pm 3,51	8,13 ^a \pm 3,91	4,88 ^{ab} \pm 0,99	3,25 ^c \pm 2,31	0,686	<0,001	0,027
Tempo, sec	414 \pm 132	465 \pm 109	450 \pm 74	429 \pm 159	425 \pm 118	453 \pm 141	0,206	0,943	0,027

*h: ore successive all'apertura del nido

L'effetto dell'età dell'animale e della fascia oraria di osservazione sulla frequenza dei quattro comportamenti considerati (esplorazione del nido, preening o pulizia del piumaggio, riposo e deposizione) è riportato in Tabella 4. L'unico comportamento la cui frequenza è significativamente variata in relazione alla fascia oraria di osservazione è stato l'esplorazione ($p \leq 0,05$), mentre l'effetto dell'età delle galline è risultato significativo per la frequenza di tutti i comportamenti osservati.

Tab. 4 - Effetto della settimana di età e fascia oraria di osservazione sulla frequenza dei comportamenti osservati all'interno del nido

	Settimana di età (E)		Fascia Oraria (T)				Prob	
	21	28	2 ore (2h)	2 ore (4h)	2 ore (6h)	2 ore (8h)	E	T
Esplorazione, % (n/n)	79,6% (70/88)	38,3% (36/94)	67,3% (35/52)	41,5% (27/65)	51,3% (20/39)	92,3% (24/26)	<0,001	<0,001
Preening, % (n/n)	17,1% (15/88)	5,32% (5/94)	11,5% (6/52)	7,69% (5/65)	10,3% (4/39)	19,2% (5/26)	0,012	0,464
Riposo, % (n/n)	43,2% (38/88)	90,4% (85/94)	69,2% (36/52)	69,2% (45/65)	71,8% (28/39)	53,9% (14/26)	<0,001	0,440
Deposizione, % (n/n)	0% (0/88)	9,57% (9/94)	3,85% (2/52)	7,69% (5/65)	0% (0/39)	7,69 (2/26)	0,003	0,305

Il confronto tra i dati rilevati dalle telecamere e quelli rilevati da RFID (Figura 8) ha dato evidenza di risultati sostanzialmente diversi. L'analisi dei video ha misurato un tempo di permanenza medio degli animali nel nido superiore ai 6 minuti, mentre la tecnologia RFID ha evidenziato tempi di permanenza medi inferiori ai 15 secondi.

Tale disparità è riconducibile ad una assenza del segnale nel caso della tecnologia RFID ogni qualvolta gli animali si trovino in condizione statica, oltre che alle modalità di lettura dei video. Tale condizione è chiaramente visibile andando a confrontare il numero totale di animali presenti all'interno del nido e conteggiati sia manualmente mediante l'uso delle rilevazioni video sia attraverso la tecnologia RFID (Figura 9).

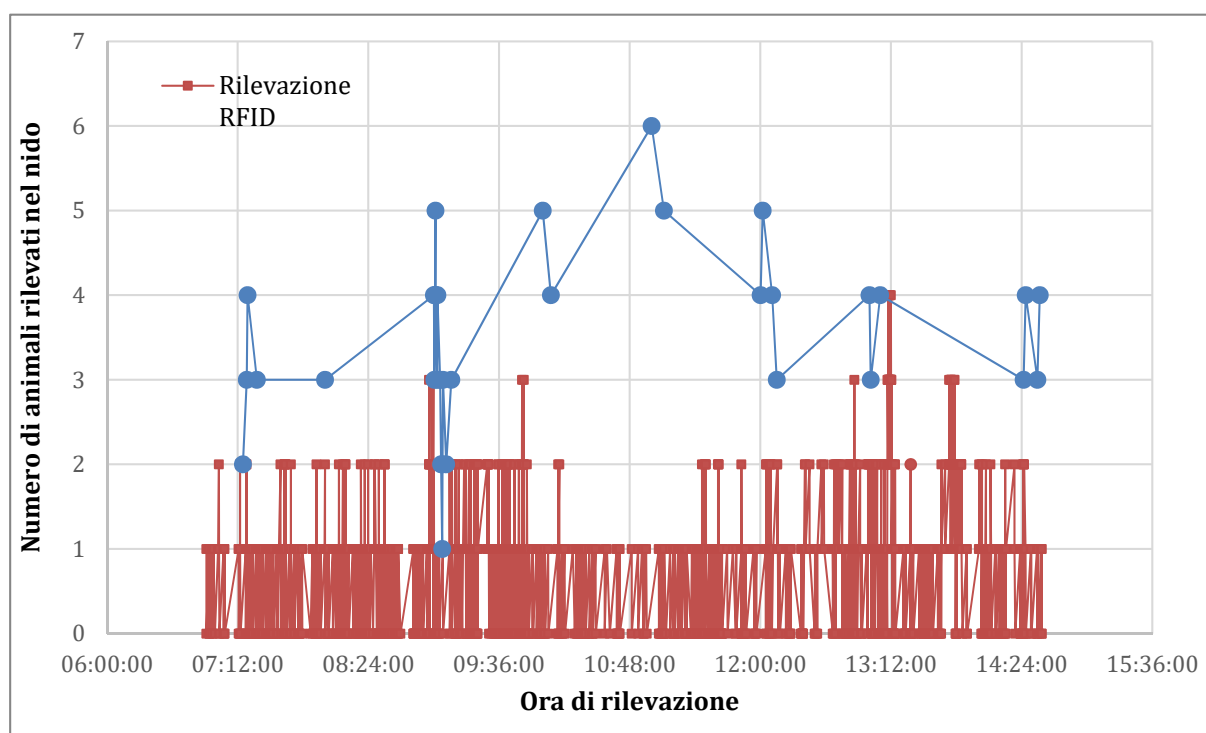


Fig. 9 – Numero di animali osservati all'interno del nido in rapporto al momento di osservazione; confronto tra dati osservati e dati raccolti dal sistema RFID

Dal confronto emerge chiaramente come raramente gli animali rilevati dalla tecnologia RFID (mai più di 4) (in rosso) arrivino ad eguagliare il numero di animali rilevati manualmente (in generale compresi tra 3 e 6) (in blu). Tale disparità si riduce se si considerano solo gli animali rilevati in condizione statica dal monitoraggio video (Figura 10).

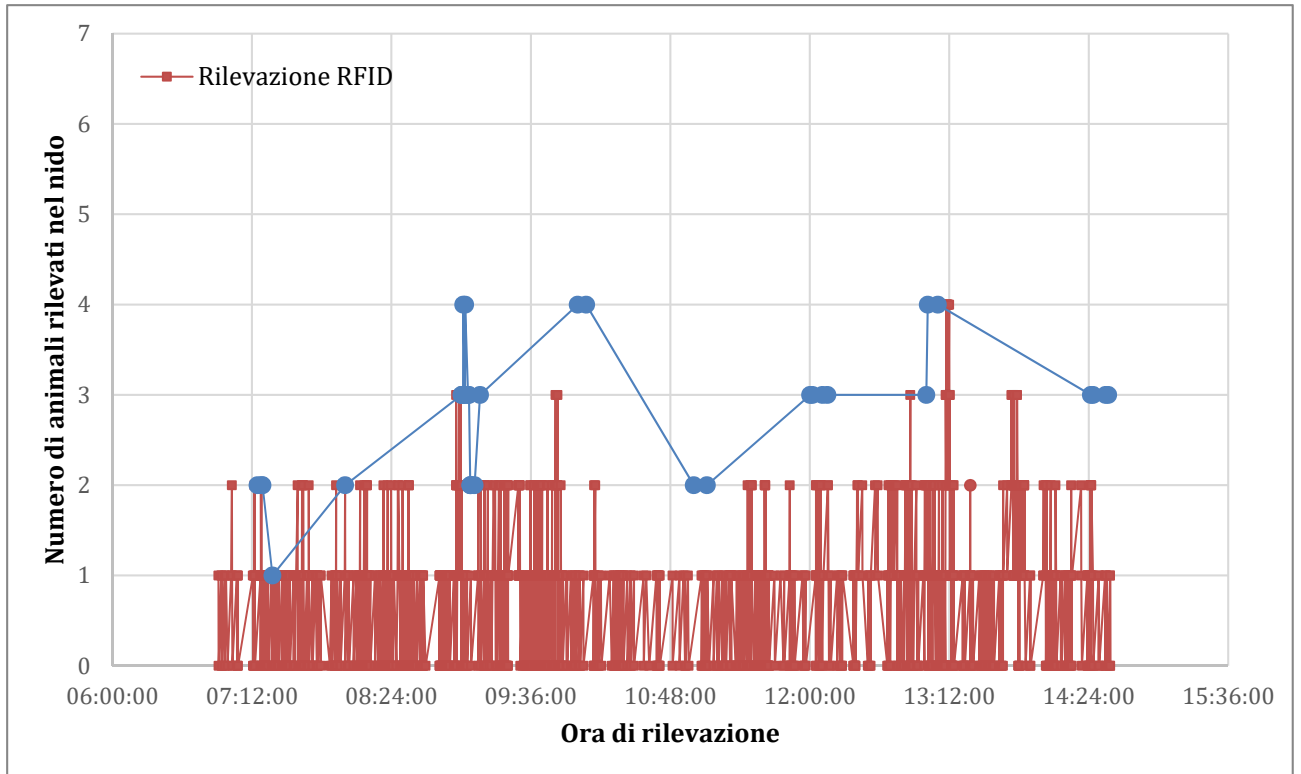


Fig. 10 – Numero di animali statici in rapporto all'ora di osservazione; confronto tra dati osservati e dati raccolti dal sistema RFID.

Se si ipotizza di utilizzare il segnale RFID al fine di monitorare la frequenza di rilevazioni eseguite dall'RFID stesso, monitorando il numero di passaggi da condizioni di rilievo a condizioni di non rilievo, si può anche ipotizzare che tale frequenza sia proporzionale al numero di animali e al numero di cambi di stato (da riposo ad attività o viceversa). Mappando quindi lo stato degli animali secondo la rilevazione video del comportamento (R, riposo; P, preening; E, esplorazione) e visualizzando in modo combinato la frequenza di modifiche di stato rilevati dall'RFID, si può notare come vi sia una certa correlazione tra le due informazioni (Figura 11).

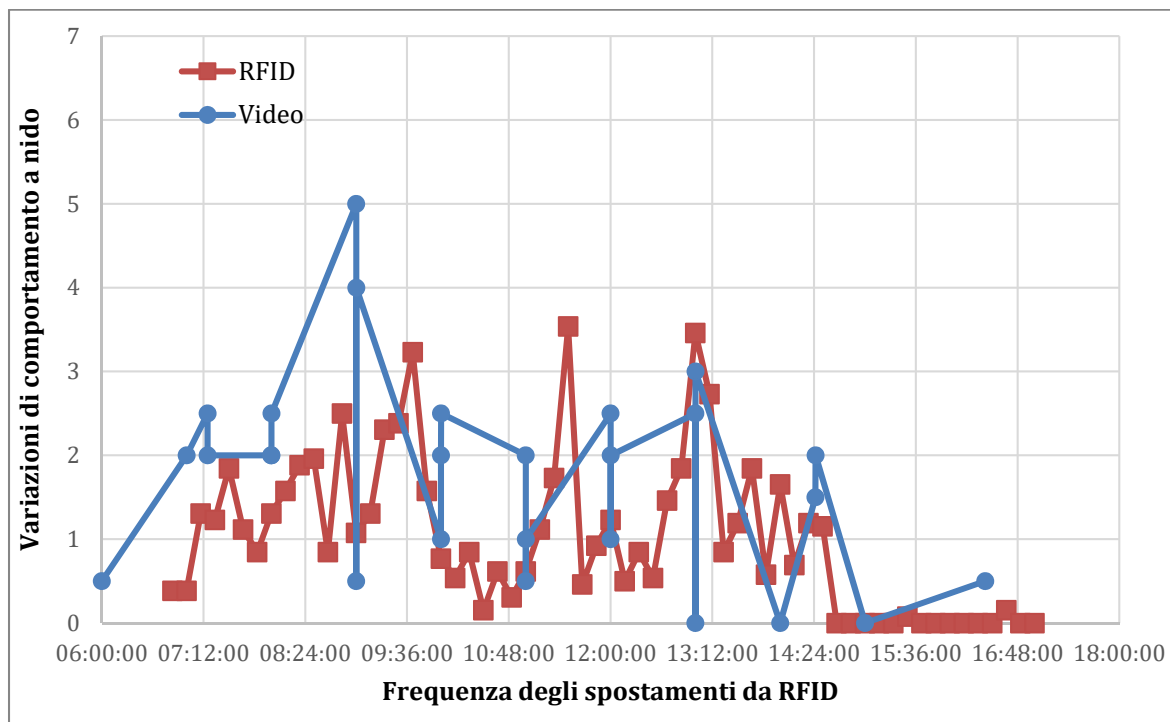


Fig. 11 – Variazioni del comportamento osservato in relazione alla frequenza degli spostamenti; confronto tra dati osservati e dati raccolti dal sistema RFID

Riallineando i dati (arrotondando il tempo alla decina di minuti più vicina) le due informazioni possono essere messe in correlazione: ne risulta il grafico seguente (Figura 12), che dà evidenza di una relazione lineare tra le due informazioni, supportata da un coefficiente di determinazione lineare $R^2 = 0,47$ corrispondente ad un coefficiente di correlazione di Pearson $r=0.69$.

Tale analisi preliminare può essere considerata un punto di partenza per lo studio sull'impiego di sensori RFID nell'analisi non tanto del numero di animali presenti nel nido quanto piuttosto del grado di attività degli stessi.

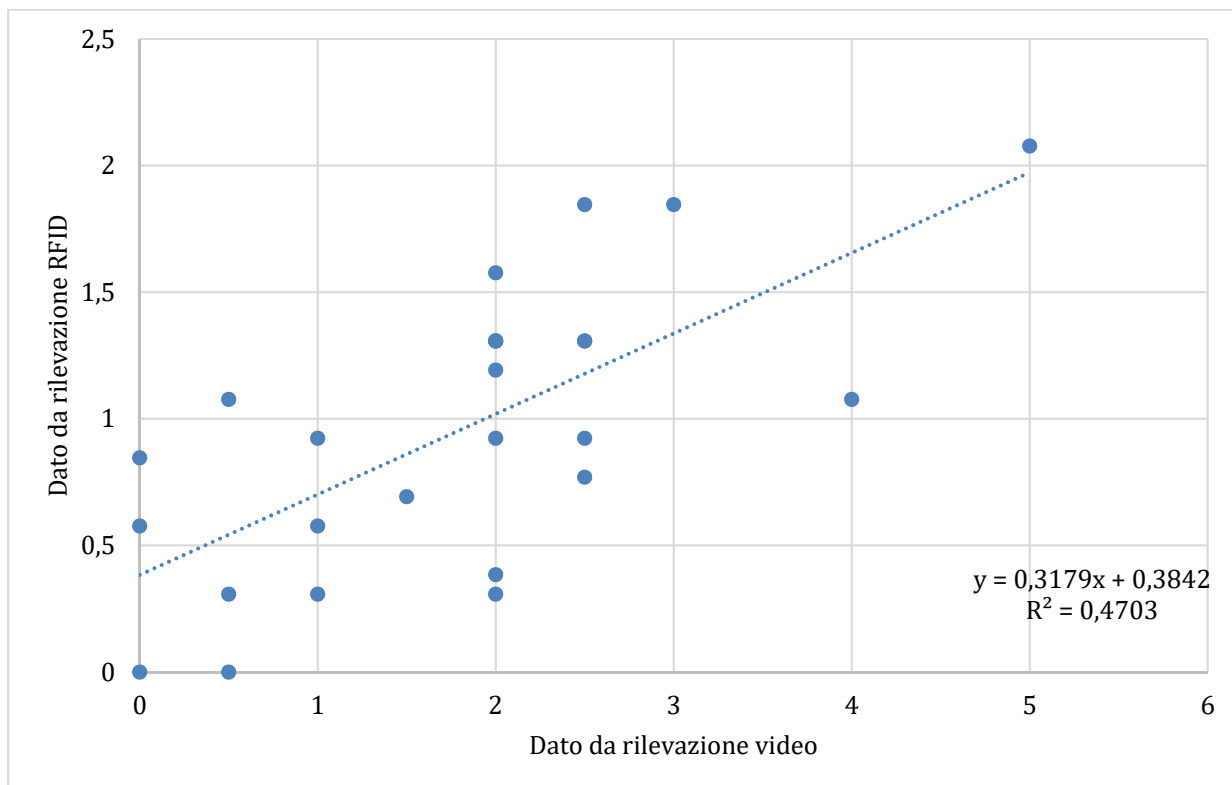


Fig. 12 – Confronto tra dati della rilevazione video e i dati della rilevazione RFID dopo allineamento e rispetto agli animali attivi

CONCLUSIONI

L'analisi dei dati sperimentali raccolti durante lo studio ha evidenziato come il sistema RFID non sia ancora in grado di raccogliere dati in maniera efficiente. Ciò, come anticipato, è dovuto al funzionamento stesso del sistema, che non permette di poter registrare tutti quegli animali all'interno del nido che, per uno o più motivi, sono statici impedendo al sistema di individuarli correttamente e registrarli nel database e portando ad una sensibile sottostima dei capi presenti in un determinato momento.

Al netto di queste limitazioni, lo sviluppo attuale di questa tecnologia ne permette comunque l'utilizzo per il monitoraggio del grado di attività degli animali in quanto in grado di rilevare ogni animale in movimento.

Per quanto riguarda l'influenza dell'età delle galline e fascia oraria di osservazione sul numero medio di capi osservati all'interno del nido e sul tempo di permanenza, solo il numero medio di galline presenti nel nido cambia significativamente in funzione della fascia oraria di osservazione. Ciò è presumibilmente dovuto al comportamento etologico e dal ritmo circadiano, che regola la fisiologia dell'animale all'interno delle 24 ore e l'ovodeposizione. Se invece consideriamo i quattro comportamenti manifestati all'interno del nido (esplorazione, preening, riposo e deposizione), questa cambia con l'età delle galline. Nello specifico, la frequenza di animali che manifestano esplorazione e preening tendono a diminuire con l'età, mentre quella relativa al riposo e alla deposizione aumenta. La riduzione dell'esplorazione è legata alla maggiore conoscenza dell'animale rispetto all'ambiente, mentre la maggiore frequenza del riposo potrebbe essere viziata dalla difficoltà per l'osservatore di distinguere tutte le fasi di comportamento associate alla deposizione.

BIBLIOGRAFIA

Appleby M.C., Duncan I. J. H., McRae H.E. (1988). *Perching and floor laying by domestic hens: Experimental results and their commercial application*. *British Poultry Science* 29, 351-357.

Banakar A., Sadeghi M., Shushtari A. (2016). *An intelligent device for diagnosing avian diseases: Newcastle, infectious bronchitis, avian influenza*, *Computers and Electronics in Agriculture* 127, 744-753.

Cloutier S., Newberry R.C., Honda K., Alldredge J.R. (2002). *Cannibalistic behaviour spread by social learning*. *Animal Behaviour* 63, 1153-1162.

David B., Moe R.O., Michel V., Lund V., Mejdell C. (2015). *Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part I—Dust*. *Animals* 5, 495-511.

Durmus I., Kalebasi S. (2009). *Effect of fluctuate lighting on performance of laying hens*. *Arc. Tierz. (Arch. Anim. Breed.)* 52, 200-204.

European Commission (2023). *“EU Market situation for eggs - Expert Group for Agricultural Markets”*. Disponibile: <https://circabc.europa.eu> (Accesso ottobre 2023).

Hegelund L., Sørensen J.T., Kjær J.B., Kristensen I.S. (2005). *Use of the range area in organic egg production systems: effect of climatic factors, flock size, age and artificial cover*, *British Poultry Science* 46, 1-8.

Henchion M., Hayes M., Mullen A., Fenelon M., Brijesh Kumar T. (2017). *Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium*. *Foods* 6, 53.

Hu J., Xiong Y., Gates R.S., Cheng H.W. (2021). *Perches as Cooling Devices for Reducing Heat Stress in Caged Laying Hens: A Review*. *Animals* 11, 3026.

ISTAT (2023). *“Aspetti della vita quotidiana - Persone: Salumi, carni, uova, pesce - regioni e tipo di comune” nell’intervallo 2005 – 2022. “Salute e sanità”, “Salumi, carni, uova e pesce – regioni e tipo di comune”*. Disponibile: www.istat.it (Accesso ottobre 2023).

Lay D.C., Fulton R.M., Hester P.Y., Karcher D.M., Kjaer J.B., Mench J.A., Mullens B.A., Newberry R.C., Nicol C.J., O'Sullivan N.P., Porter R.E. (2011). *Hen welfare in different housing systems. Poultry Science* 90, 278-294.

Lewis P.D., Morris T.R., Perry G.C. (1999). *Light intensity and age at first egg in pullets. Poult. Sci.* 78, 1227- 1231.

Li N., Ren Z., Li D., Zeng L. (2020). *Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: Towards the goal of precision livestock farming. Animal* 14, 617-625.

Manteuffel G., Puppe B., Schön P.C. (2004). *Vocalization of farm animals as a measure of welfare, Applied Animal Behaviour Science* 88, 163-182.

Meunier-Salaün M.C., Faure J.M. (1984). *On the feeding and social behaviour of the laying hen, Applied Animal Behaviour Science* 13, 129-141.

Nimmermark S, Gustafsson G. (2005). *Influence of temperature, humidity and ventilation rate on the release of odour and ammonia in a floor housing system for laying hens. Influence of Temperature. Agric. Eng. Int. CIGR J.*, 7, 1–14.

Pedersen S., Nonnenmann M., Rautiainen R., Demmers T., Banhazi T., Lyngbye M. (2000). *Dust in Pig Buildings. J. Agric. Saf. Health* 6, 261.

Quanten S., de Valck E., Cluydts R., Aerts J.M., Berckmans D. (2006). *Individualized and time-variant model for the functional link between thermoregulation and sleep onset. J. Sleep Res.*, 15, 183–198.

Rodenburg T., Tuytens F., De Reu K., Herman L., Zoons J., Sonck B. (2008). *Welfare assessment of laying hens in furnished cages and non-cage systems: An on-farm comparison. Animal Welfare* 17, 363-373.

Schröder M.J.A., McEachern M.G. (2004). *Consumer value conflicts surrounding ethical food purchase decisions: a focus on animal welfare. International Journal of Consumer Studies* 28, 168-177.

Sherwin C.M., Richards G.J., Nicol C.J. (2010). *Comparison of the welfare of layer hens in 4 housing systems in the UK, British Poultry Science* 51, 488-499.

Shimmura T., Eguchi Y., Uetake K., Tanaka T. (2008). Effects of separation of resources on behaviour of high-, medium- and low-ranked hens in furnished cages. *Applied Animal Behaviour Science* 113, 74-86.

Sirovnik J., Würbel H., Toscano M.J. (2018). Feeder space affects access to the feeder, aggression, and feed conversion in laying hens in an aviary system. *Applied Animal Behaviour Science* 198, 75-82.

Stadelman W.J. (1999). The incredibly functional egg. *Poultry Science* 78, 807–811.

Thogerson C.M., Hester P.Y., Mench J.A., Newberry R.C., Pajor E.A., Garner J.P. (2009). The effect of feeder space allocation on behavior of Hy-Line W-36 hens housed in conventional cages. *Poultry Science* 88, 1544-1552.

Tumová E., Gous R.M. (2012). Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poult Sci.* 91, 1269- 1275.

Wang G., Ekstrand C., Svedberg J. (1998). Wet litter and perches as risk factors for the development of foot pad dermatitis in floor-housed hens. *British Poultry Science* 39, 191-197.

Want R. (2006). An introduction to RFID technology, in *IEEE Pervasive Computing* 5, 25-33.

Yang E.J., Lee Y.E., Moon H.K. (2014). Nutritional roles and health effects of eggs. *J. Nutr. Health* 47, 385-393.