

WINDQ

nuovo sistema di ventilazione **naturale**

TRE SISTEMI DI VENTILAZIONE A CONFRONTO

Soluzioni più efficienti per la ventilazione naturale

Le soluzioni costruttive attuali per affrontare lo stress da caldo spesso non sono sufficienti a garantire condizioni ottimali di benessere in allevamento. Il nuovo sistema di ventilazione Naturale (Nvs), recentemente brevettato, condiziona positivamente il microclima con un sistema di controllo passivo che offre nuove opportunità di sostenibilità economica, gestionale e ambientale

di **Amedeo Santonicola, Giulio Bonelli**

I sistemi di controllo delle condizioni microclimatiche di un allevamento si dividono in passivi e attivi.

I sistemi passivi si basano sulla ventilazione naturale, fenomeno dovuto all'effetto vento e all'effetto camino: il primo dipende completamente dalle condizioni atmosferiche esterne, mentre il secondo diminuisce in intensità al diminuire della differenza di temperatura tra esterno e interno della stalla.

I sistemi attivi, che prevedono ventilazione forzata in pressione o in depressione, a fronte di un controllo più

diretto sui flussi d'aria interni alla stalla, comportano costi di acquisto, gestione e manutenzione delle attrezzature piuttosto rilevanti.

Verifica di funzionalità

La verifica di funzionalità del sistema di ventilazione Naturale è stata effettuata su tre tipologie di stalle (con cupolino, Nvs-1 e Nvs-2, vedi tabella 1 e riquadro qui sotto) applicando un modello di equazioni che prevede le fasi di seguito riportate.

Sono state computate le portate d'aria orarie in m³/s utilizzando l'equazione di Kittas *et al.* (1997) considerando:

- condizioni termoisometriche esterne di Vignola (Modena) (fonte

Arpae) del 6 luglio 2017 (tabella 2);

- velocità del vento, pari a 0,1 m/s;
- temperatura e umidità relativa interne intorno dell'animale, rispettivamente pari a 38,7 °C e 90% di umidità.

Tramite il modello sono stati calcolati i valori di temperatura e umidità relativa dell'aria interna alla stalla dopo la miscelazione (dm) con l'aria proveniente dall'esterno.

I precedenti parametri sono stati utilizzati per calcolare:

- velocità media d'ingresso dell'aria nella stalla in m/s (Vm, grafico 1);
- portata d'aria per bovina (m³/ora) (grafico 2).

Infine, è stato studiato il benessere animale attraverso:

- temperature humidity index (Thi, grafico 3) di Kelly e Bond (1971);
- temperatura percepita dall'animale in °C (Tp, grafico 4) di Frazzi *et al.* (1998);
- soglia di temperatura stressante in °C (Ts, grafico 4) di Berman (2005).

Il sistema di ventilazione Naturale fa la differenza

Il modello elaborato ha prodotto importanti risultati; è fondamentale

TABELLA 1 - Caratteristiche delle stalle nelle tre tipologie di ventilazione a confronto

Descrizione	Cupolino	Nvs-1	Nvs-2
Altezza gronda (m)	3,8	3,8	3,8
Altezza al colmo (m)	8,2	8,2	8,2
Pendenza del tetto (°)	18,3	18,3	18,3
Misure delle finestre (m ²)	(3,20 × 2,85)	(3,20 × 2,85)	(2,00 × 1,25)
Finestre per lato (n.)	17	17	17
Altezza da terra delle finestre (m)	0,70	0,70	0,70
Misure delle aperture della tettoia (m ²)	(51 × 0,90)	(10 × 1,00)	(10 × 1,00)
Superficie stalla (m)	51 × 20	51 × 20	51 × 20
Aperture laterali rispetto alla superficie coperta (%)	30	30	8
Aperture al colmo rispetto alla superficie coperta (%)	9	33	33
Aperture della tettoia per lato (n.)	1	17	17
Vacche presenti (n.)	70	70	70

I TRE SISTEMI A CONFRONTO

Con cupolino: stalla con cupolino e aperture laterali con superficie più ampia possibile.

A ventilazione naturale Nvs-1: stalla con nuovo sistema di ventilazione naturale al colmo, con aperture laterali più ampie possibili come nella configurazione con cupolino.

A ventilazione naturale Nvs-2: stalla con nuovo sistema di ventilazione naturale al colmo, con ridotta superficie delle aperture laterali.

NUOVO SISTEMA DI VENTILAZIONE NATURALE

Il nuovo sistema di ventilazione Naturale (New natural ventilation system - Nvs) è un sistema statico, integrato al tetto, composto da «gruppi di ventilazione». Ognuno di essi presenta un'apertura che mette in comunicazione l'ambiente interno con quello esterno e la cui superficie complessiva è pari ad almeno il 30% dell'area coperta (figura A).

Il sistema di ventilazione naturale sviluppa un effetto camino maggiore rispetto alle stalle con cupolino e continuo durante tutta la giornata, a differenza delle tettoie con falde scorrevoli o dotate di deflettori che offrono ventilazione naturale in pieno regime solo durante le ore notturne.

Tali peculiarità consentono un interessante risparmio di energia elettrica, poiché il sistema di ventilazione Naturale necessita di un ridottissimo uso dei sistemi di ventilazione attivi.

FIGURA A - Schema strutturale del nuovo sistema di ventilazione naturale



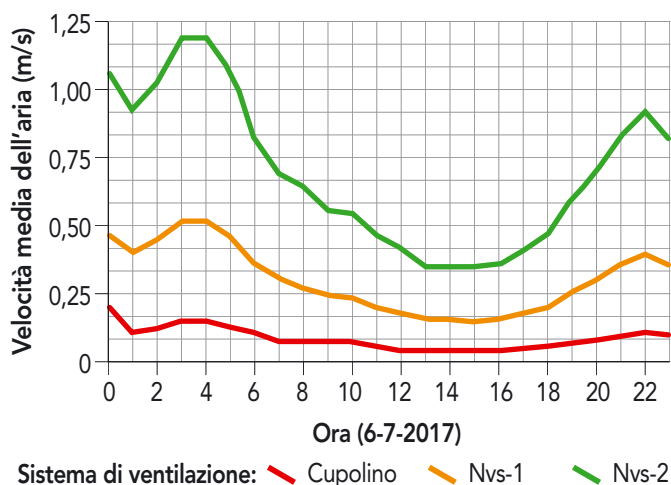
a questo punto capire come questi possano influire sul comfort termico del bestiame e quindi sulla produttività. I parametri ai quali generalmente si fa riferimento sono: temperatura dell'aria dopo miscelazione, umidità dell'aria dopo miscelazione e velocità dell'aria nell'intorno del bestiame. L'indice Thi, poiché prende in considerazione solo due dei tre parametri (temperatura e umidità), utilizzati per stabilire il benessere animale, mostra condizioni di stress simili in tutti e tre i casi esaminati ed evidenzia differenze rilevanti tra il nuovo sistema di ventilazione Naturale e la soluzione con cupolino, minime solo nelle ore più calde della giornata (grafico 3).

Il grafico 4 mostra, invece, come il sistema di ventilazione naturale determini un miglioramento sensibile degli indici di benessere «soglia di temperatura» e «temperatura percepita».

La maggiore velocità dell'aria (grafico 1), infatti, riduce sensibilmente la temperatura percepita e permette una sopportazione superiore del calore e dell'umidità da parte della bovina, comportando un maggior comfort.

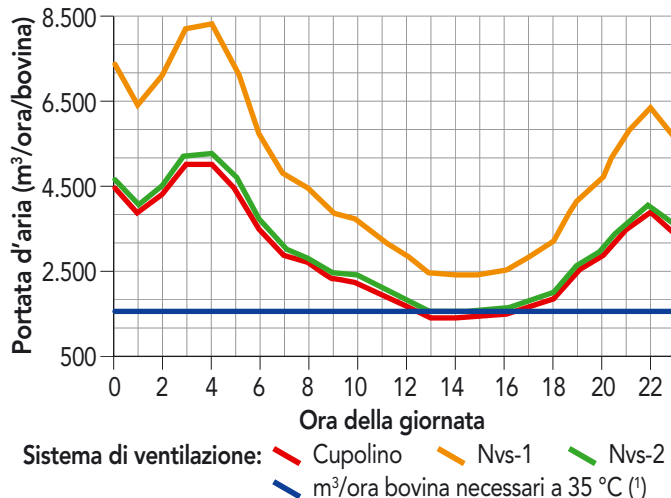
Nella stalla con il sistema di ventilazione Naturale-2 (Nvs-2) è stata ridotta la superficie delle aperture laterali, sfruttando così l'effetto Venturi, con conseguente aumento della velocità dell'aria in ingresso. Questa configurazione delle aperture è significativamente differente dalle configurazioni con cupolino e sistema di ventilazione Naturale-1 (Nvs-1), nelle quali si è utilizzata la tecnica classica delle superfici laterali aperte il più possibile.

GRAFICO 1 - Confronto velocità media dell'aria tra Nvs-1, Nvs-2 e stalla con cupolino (m/s)



La maggiore velocità dell'aria riduce sensibilmente la temperatura percepita e permette una sopportazione superiore del calore e dell'umidità da parte della bovina, determinando maggior comfort.

GRAFICO 2 - Confronto della portata d'aria per bovina tra Nvs-1, Nvs-2 e stalla con cupolino rispetto alla portata d'aria necessaria a 35 °C



(1) Rossi P., 2016.

Si osserva quanto sia efficace il sistema di ventilazione Naturale rispetto a una stalla tradizionale fornita di cupolino quando si desidera massimizzare la portata dell'aria.

L'osservazione congiunta delle portate d'aria e delle velocità medie dimostra altresì quanto sia efficace e versatile il sistema di ventilazione Naturale rispetto a una stalla tradizionale fornita di cupolino quando si desidera massimizzare la portata (grafico 2, Nvs-1 vs cupolino) o la velocità (grafico 1, Nvs-2 vs cupolino) dell'aria.

Nvs-2, effetti su aria e temperatura

Alcuni aspetti della stalla con sistema di ventilazione naturale Nvs-2 sono stati approfonditi utilizzando il software Flow Simulation basato sulla Cfd (vedi riquadro sopra), una branca del calcolo numerico che permette di

Cfd: è un metodo che utilizza l'analisi numerica e gli algoritmi per risolvere e analizzare i problemi di fluidodinamica mediante l'utilizzo del computer. È possibile risolvere le equazioni di Navier Stokes, che esprimono in forma matematica la meccanica del fluido attraverso le sue variabili principali: pressione, temperatura, densità, velocità, viscosità e **consente un'immediata valutazione da un punto di vista termofluidodinamico di un prodotto, di un ambiente o di un edificio.** ●

TABELLA 2 - Temperatura, umidità relativa e risultati dei tre sistemi di ventilazione a confronto

Ora	Temperatura (°C)	Umidità relativa (%) (1)	Portata aria (m³/s)			Velocità (m/s)		
			cupolino	Nvs-1	Nvs-2	cupolino	Nvs-1	Nvs-2
4,00	18,1	73	98,5	162,1	102,6	0,15	0,52	1,20
8,00	29,1	29	53,0	87,3	55,2	0,08	0,28	0,65
12,00	34,1	29	33,9	55,8	35,3	0,05	0,18	0,41
14,00	35,4	26	28,2	46,4	29,4	0,04	0,15	0,34
17,00	34,2	28	33,5	55,1	34,9	0,05	0,18	0,41
22,00	23,2	60	75,5	124,2	78,6	0,11	0,40	0,92

calcolare l'andamento delle variabili fluidodinamiche in funzione della geometria locale del sistema con le seguenti condizioni al contorno: temperatura esterna di 35 °C, 100% di umidità relativa e pressione statica di 101.325 Pa.

La simulazione prevede la presenza di un modello 3D del sistema in esame (la stalla) che contenga tutti i dettagli geometrici che possano influire sull'andamento locale delle variabili termiche e fluidodinamiche. Il software discretizza lo spazio solido e fluido in volumi finiti che rappresentano il comportamento termico e fluidodinamico della porzione del modello 3D sostituito.

È stato considerato il calore generato dal bestiame dato da temperatura corporea, sudorazione e altri fenomeni

fisiologici. Considerando un numero di capi interno alla stalla pari a 70 vacche e stimando, in senso conservativo, una produzione di 1,4 kW/capo nelle condizioni più estreme, si ottiene un totale di 98 kW di potenza termica prodotta.

Sono stati creati corpi *dummy* che simulano le vacche per applicare correttamente la distribuzione spaziale del calore.

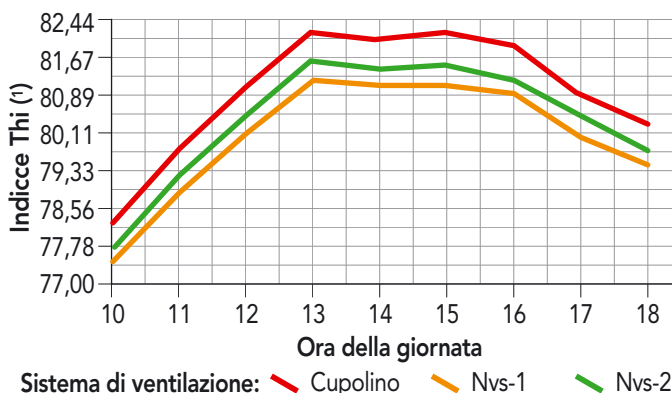
Tre scenari

Ventilazione naturale. Ventilazione naturale, applicando al modello 3D (figura 1A) le sole condizioni naturali: 35 °C e 100% di umidità. In questo caso i risultati ottenuti con il metodo di analisi Cfd (vedi riquadro in alto) sono in linea con quanto ipotizzato dal modello di equazioni: **l'aria entra dal-**

le finestre inferiori, si riscalda lambendo il bestiame ed esce dalla parte centrale delle aperture sul tetto. Con una temperatura esterna di 35 °C il flusso d'aria che investe l'animale ha una temperatura di 35,5 °C, per aumentare fino a 36-37 °C nella porzione centrale della stalla e una velocità di 0,5 m/s che diminuisce a circa 0,2 m/s nella porzione centrale della stalla.

Ventilazione su finestre inferiori. Ventilazione forzata, applicando ventilatori a pressione sulle finestre inferiori. In questo caso la **temperatura vicino all'animale è di 35 °C** (figura 1B) e l'aria raggiunge una velocità media di 1,25 m/s. È importante notare che la differenza di pressione che si crea tra esterno e interno in corrisponden-

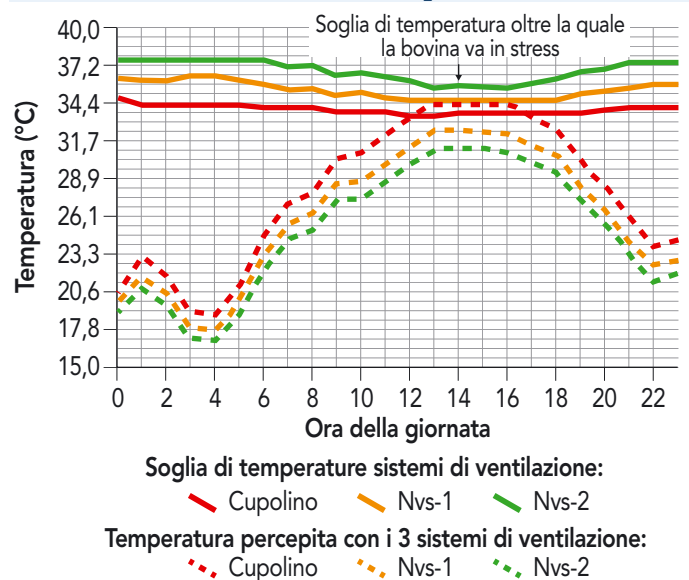
GRAFICO 3 - Confronto indice Thi tra i tre sistemi di ventilazione dalle ore 10 alle 18 del 6-7-2017 a Vignola (Modena)



(1) Thi: indice che combina l'effetto della temperatura e dell'umidità dell'aria utilizzato per stimare lo stress da caldo.

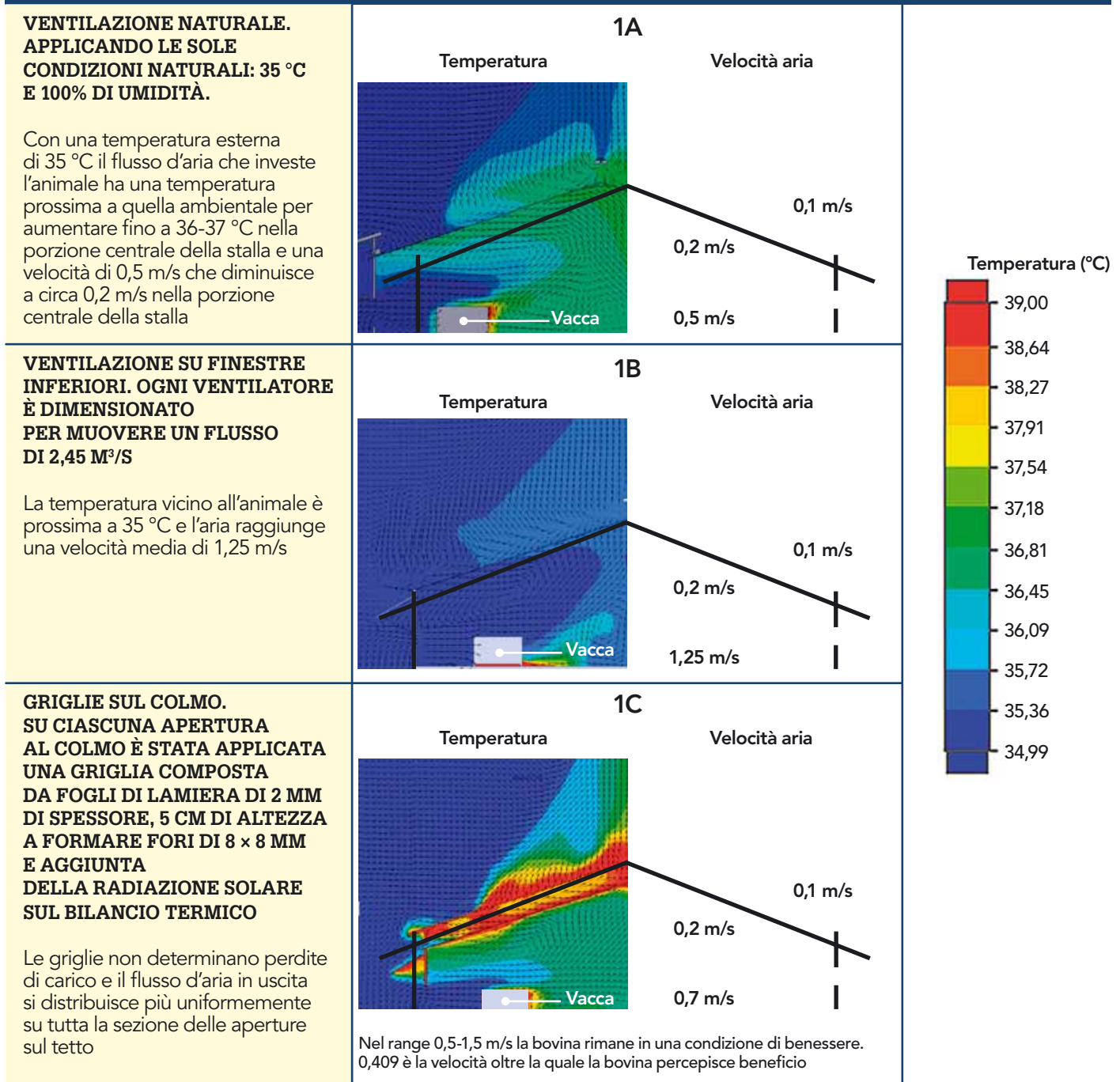
L'indice Thi, poiché prende in considerazione solo due (temperatura e umidità) dei tre parametri utilizzati per stabilire il benessere animale, mostra condizioni di stress simili ed evidenzia differenze rilevanti solo nelle ore più calde della giornata.

GRAFICO 4 - Confronto tra la soglia di temperatura e la temperatura percepita tra Nvs-1, Nvs-2 e stalla con cupolino (m/s)



Il sistema di ventilazione naturale determina un miglioramento degli indici di benessere «soglia di temperatura» e «temperatura percepita».

FIGURA 1 - CARATTERISTICHE DEI TRE SCENARI CON SISTEMA DI VENTILAZIONE NATURALE 2 (VNS-2)



za dei ventilatori è molto limitata, determinando la massima efficienza da parte dei ventilatori stessi.

Griglie sul colmo. Nella terza simulazione, con ventilazione naturale con applicazione di griglie su ognuna delle aperture al colmo (figura 1C) e considerando anche gli effetti della radiazione solare sul bilancio termico e fluidodinamico, **i risultati mostrano che, rispetto alla prima simulazione, le griglie non determinano perdite di carico e il flusso d'aria in uscita si distribuisce più uniformemente su tutta la sezione delle aperture sul tetto.** L'aggiunta di griglie, o reti, è stata pensata per:

- supportare il carico di neve nella stagione invernale, alleggerendo così la struttura sottostante le aperture;
- aumentare ulteriormente la superficie di apertura al colmo;
- isolare la stalla dagli insetti;
- incrementare lo scambio termico in convezione naturale per migliorare le prestazioni.

Tutte le analisi sono state svolte in condizioni stazionarie, ovvero considerando il mantenimento delle condizioni al contorno per un tempo sufficiente a consentire al sistema il raggiungimento dell'equilibrio termico e fluidodinamico. Dal momento che le condizioni ambientali imposte (temperatura esterna di 35 °C e umidità relativa 100%) so-

no in tutti i casi le più critiche nel corso dell'anno e tenuto conto della produzione di calore da parte del bestiame, l'ipotesi risulta fortemente conservativa.

Più ore di comfort

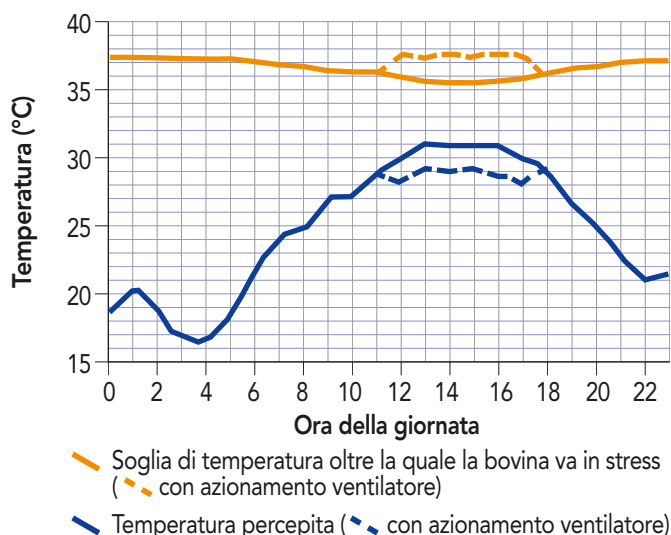
È noto come nelle stalle con tettoia a falde scorrevoli o provviste di deflettori l'effetto camino notturno permetta agli animali stabulati di recuperare il comfort perso durante il giorno (Mattachini 2010; D'Archivio 2007; Calamari et al. 1994; Igono et al. 1992); unitamente ai nostri risultati, ottenuti con le simulazioni computazionali e quelle del modello di equazioni, è verosimile che il sistema di ventilazione Naturale permetta di ottenere lo stesso risultato grazie a un'apertura del tetto del 33%. A differenza dei sistemi sopra menzionati, però, **il nuovo sistema di ventilazione Naturale permette di sfruttare l'effetto camino anche durante il giorno, pur evitando l'irraggiamento diretto sull'animale, e favorisce in tal modo un notevole aumento delle ore di comfort microclimatico** per il bestiame; l'uso dei ventilatori, di conseguenza, potrebbe non essere strettamente necessario anche nelle ore più calde e assolate.

Qualora si volesse migliorare ulteriormente il comfort termico degli animali, tuttavia, sarebbe possibile aumentare la velocità dell'aria a 1,25 m/s, sfruttando i ventilatori solo nelle ore più critiche, che nel caso analizzato (6 luglio 2017, Vignola, Modena) corrispondono alla fascia tra le 12,00 e le 17,00. Impostando nel modello di equazioni una simile velocità dell'aria è possibile stimare una sensibile diminuzione della temperatura percepita e un aumento della soglia di temperatura, tali da garantire maggior benessere alle bovine (grafico 5) e, di conseguenza, una produttività dei capi stabulati più alta. Viceversa, nelle stalle tradizionali con cupolino, in condizioni simili si è costretti ad attivare i ventilatori già nelle prime ore del mattino (ore 8,00-9,00) e fino alle ore 21,00-22,00 della sera, aumentando nelle ore centrali della giornata la loro potenza, in modo che la velocità media interna alla stalla arrivi a 4-5 m/s con immissione di doccia a goccia grossa.

I vantaggi ci sono

Pur non potendo prescindere da validazioni di campo, i risultati presentati in questo articolo, frutto di lunghi studi e simulazioni fluidodinamiche, dimostrano la validità

GRAFICO 5 - Soglia di temperatura e temperatura percepita prima e dopo l'aggiunta di ventilazione



Volendo migliorare ulteriormente il comfort termico è possibile aumentare la velocità dell'aria a 1,25 m/s, sfruttando i ventilatori solo nelle ore più critiche: è possibile stimare una sensibile diminuzione della temperatura percepita e un aumento della soglia di temperatura per garantire maggior benessere e, di conseguenza, una produttività più alta.

del nuovo sistema di ventilazione Naturale, prospettando interessanti vantaggi economici sia rispetto alle stalle con cupolino sia in confronto a quelle con tettoia a falde scorrevoli o dotate di deflettori.

Amedeo Santonicola
Libero professionista
Giulio Bonelli
Esposti Industrie (srl)

Per informazioni: asantonicola@gmail.com

Giulio Bonelli ha fornito gli strumenti per effettuare le immagini computerizzate.

Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: redazione@informatoreagrario.it

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.