

Gli incontri di

I Z

INFORMATORE ZOOTECNICO



Lo stress da caldo delle bovine da latte: come monitorarlo ed evitarlo

L'analisi del comportamento degli animali, l'opportuna impiantistica della stalla, decisioni tattiche e strategiche



WEBINAR

Mercoledì 20 aprile 2022

Ore 11.00-12.30



Webinar realizzato in collaborazione con:
Progetto EIT Food DairySust
Big data and advanced analytics for sustainable management of the dairy cattle sector



Il gruppo di ricerca



Dipartimento di Scienze e Tecnologie
Agro-alimentari (DISTAL)
Gruppo di Ingegneria Agraria e dei Biosistemi



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

- Patrizia Tassinari Full Professor
- Daniele Torreggiani Full Professor
- Stefano Benni Associate Professor
- Marco Bovo Assistant Professor
- Alberto Barbaresi Assistant Professor
- Enrica Santolini Research Assistant
- Giovanni Pollicino Technician
- Miki Agrusti PhD student
- Mattia Ceccarelli PhD student

PREVENZIONE DELLO STRESS DA CALDO

ASPETTI INGEGNERISTICI

Stefano Benni *Professore associato di Costruzioni rurali, Università di Bologna*

- La progettazione della stalla
- Il ruolo di impianti e automazioni per il controllo climatico
- Opportuni interventi su stalle esistenti.
- BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE DAIRY CATTLE SECTOR

Improving sustainability, animal welfare and productivity in dairy farming

Il progetto europeo EIT Food DairySust coordinato dal gruppo di Ingegneria agraria e dei biosistemi dell'Università di Bologna



ASPETTI INGEGNERISTICI

LA PROGETTAZIONE DELLA STALLA

Il controllo dei parametri ambientali nelle stalle può essere ottenuto impiegando sistemi passivi o attivi di raffrescamento

Altri aspetti rilevanti:

- ubicazione
- forma e l'orientamento dell'edificio
- proprietà termiche dei materiali costruttivi

Sistemi di raffrescamento

Sistemi passivi di difesa dal caldo consistono principalmente in:

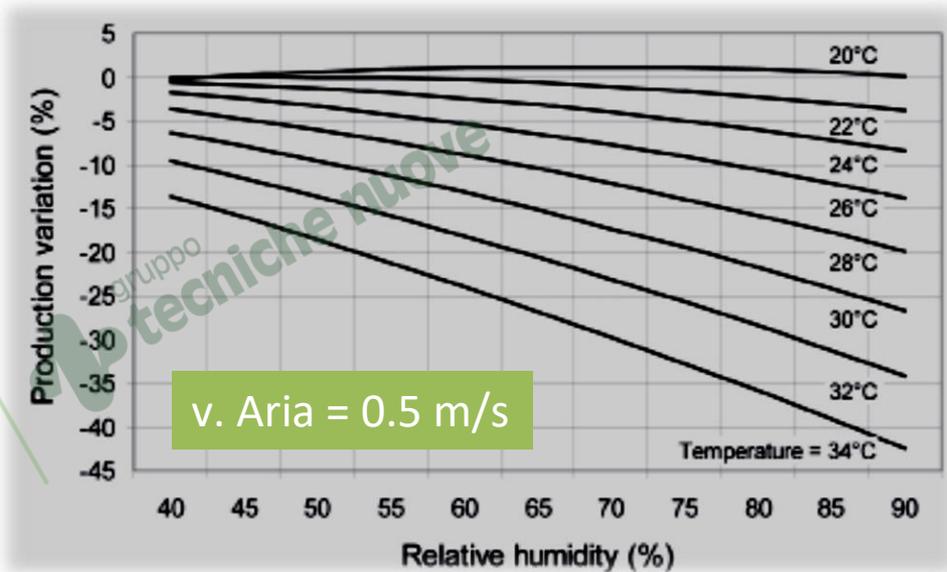
- ombreggiamento, preferibilmente con alberi o rampicanti, oppure reti, pannelli, sporti di gronda;
- coibentazione e - meglio ancora - ventilazione delle coperture, in grado di limitare il surriscaldamento dell'intradosso del solaio;
- impiego di materiali dotati di alto potere riflettente per le parti esterne dell'edificio e tinteggiate di chiaro;
- ventilazione naturale.

I **sistemi attivi** di raffrescamento:

- ventilazione forzata (velocità aria)
- raffrescamento evaporativo (adiabatico)
- bagnatura degli animali

Importanza dell'umidità

- Influisce sugli scambi termici
- Dissipazione di calore latente attraverso respirazione e evapotraspirazione
- Fondamentale per $T > 25^{\circ}\text{C}$.
- Elevata Umidità relativa (UR) riduce l'evaporazione; nessun problema sotto 24°C .
- $\text{UR} < 40\%$ comunque pericolosa per diffusione delle polveri e secchezza delle mucose
- Clima caldo-umido favorisce stress e diffusione microbi



Indice Termo-Igrometrico

Temperature Humidity Index (THI)

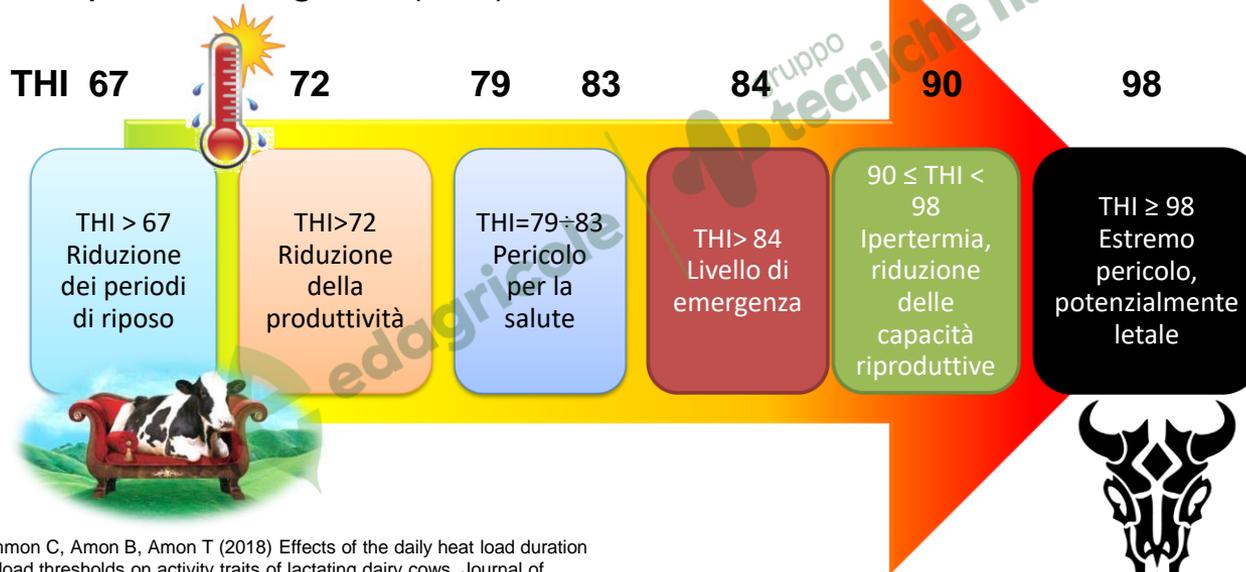
$$THI = T_{bd} + 0.36 DPT + 41.2$$

T_{bd} : temperat. bulbo asciutto ($^{\circ}$ C);

DPT: temperat. punto di rugiada ($^{\circ}$ C).

Semplificando:

$$THI = 0.8 * T_{db} + (T_{db} - 14.4) RH + 46.4$$



- Heinicke J, Hoffmann G, Ammon C, Amon B, Amon T (2018) Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. Journal of Thermal Biology, Volume 77, October 2018, Pages 67-74
- Hahn GL, Gaughan JB, Mader TL, Eigenberg RA (2009) Chapter 5: thermal indices and their applications for livestock environments. In: De Shazer JA (ed) Livestock energetics and thermal environment management. ASABE, St. Joseph, pp 113-130
- Samal, L (2013) Heat Stress in Dairy Cows-Reproductive Problems and Control Measures. International Journal of Livestock Research, 3 (3).

Temp	% Relative Humidity																			
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
72	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	
73	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72	
74	21.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	76	
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	79	
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	80	
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	80	81	
83	28.5	69	70	71	71	72	71	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	82	
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	82	83	
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	82	83	83	
86	30.0	71	71	72	72	73	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	
87	30.5	71	72	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	
89	31.5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	86	87	
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87	88	89	90	
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	91	
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
97	36.0	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	
98	36.5	76	77	78	79	80	81	82	83	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
99	37.0	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
100	38.0	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	

Stress threshold
 Mid-moderate stress
 Moderate-severe stress
 Severe

Temp

% Relative Humidity

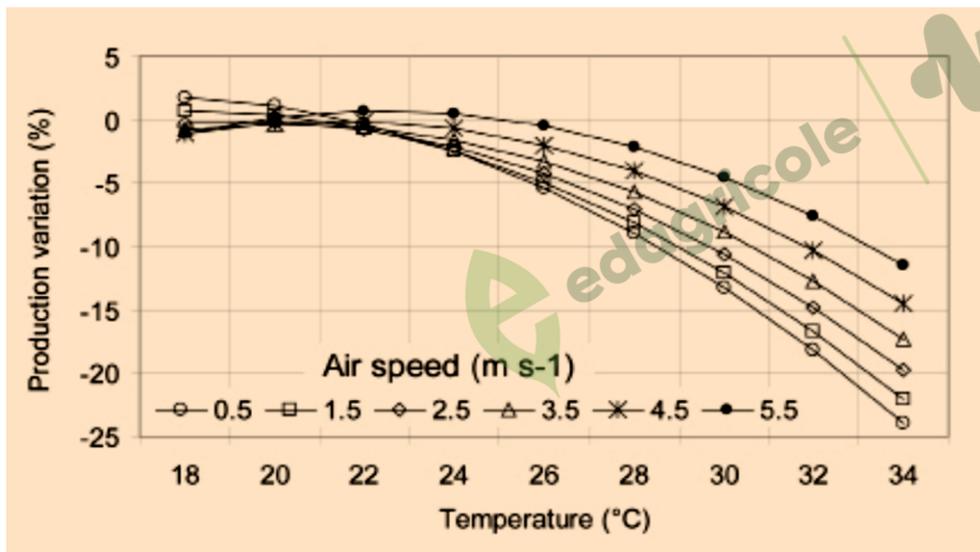
Temp	% RH	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	85
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86
89	31.5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	86	87	87
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87	88	89	90	91
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	91	92
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
97	36.0	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95
98	36.5	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
99	37.0	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	38.0	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	98
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99



Co-funded by the European Union

Effetto della velocità dell'aria

- Sottrazione di calore per convezione
- Aumento della evaporazione con conseguente sottrazione di calore
- Aumento di 1 m/s: riduzione di 1°C in condizioni di elevata temperatura percepita; fino a 3-4°C in condizioni non critiche.
- Effetto **NON LINEARE**: si riduce quando si avvicina il limite della traspirazione corporea



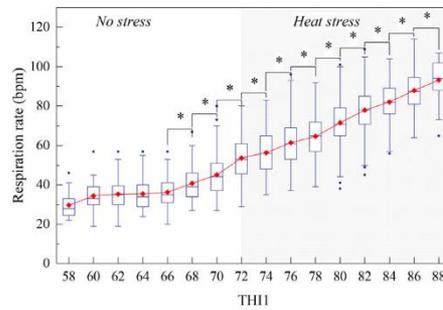
Equivalent Temperature Index

Costa Baêta, F., Meador, N. F., Shanklin, & Johnson, H. D. (1987).
Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows.

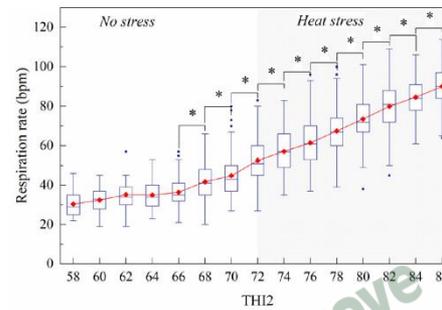
$$ETI = 27.88 - 0.456 Ta + 0.010754 Ta^2 - 0.4905 rh + 0.00088 rh^2 + 1.15 v - 0.12644 v^2 + 0.019876 Ta rh - 0.046313 Ta v$$

Diversi indici di condizioni ambientali

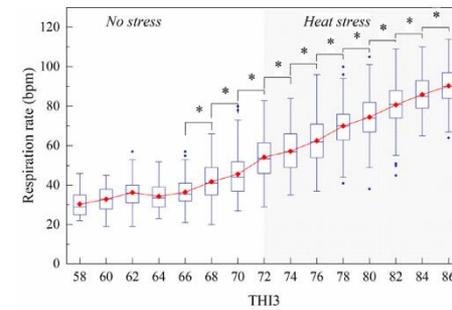
Diversi indici e formulazioni, che possono considerare anche vel. Aria e radiazione solare, ma risultano tutti fortemente correlati con THI



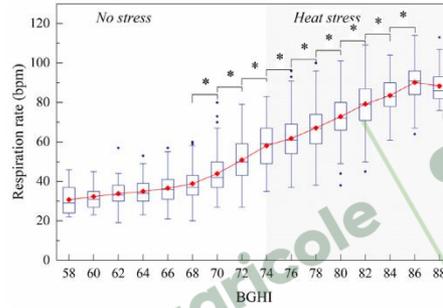
(a)



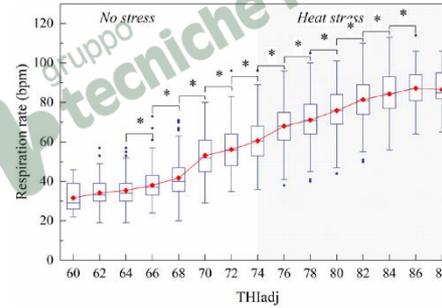
(b)



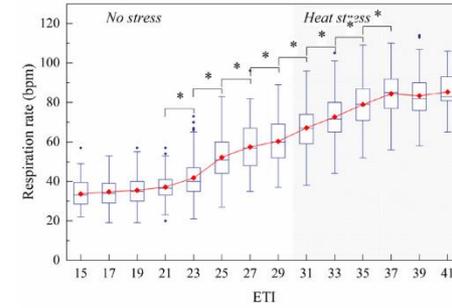
(c)



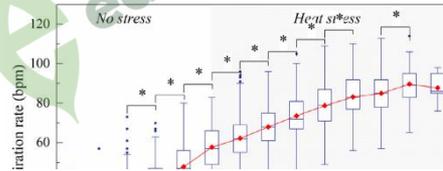
(d)



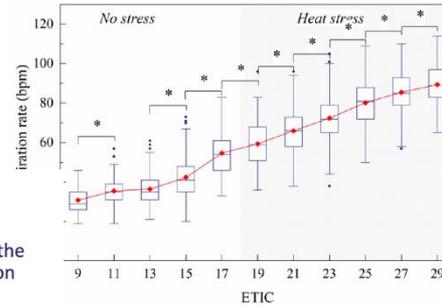
(e)



(f)



(g)



(h)

Yan, Geqi, Hao Li, and Zhengxiang Shi. 2021. "Evaluation of Thermal Indices as the Indicators of Heat Stress in Dairy Cows in a Temperate Climate" *Animals* 11, no. 8: 2459. <https://doi.org/10.3390/ani11082459>

ASPETTI INGEGNERISTICI

LE DOTAZIONI IMPIANTISTICHE

edagricole | gruppo tecniche nuove



Parametri e criteri per la progettazione

Stagione fredda:

Vel. aria max = 0.25 m/s per capi giovani;
0.5 m/s per vacche

Stagione calda:

Vel. aria max = 4 m/s per capi giovani;
5 m/s per vacche

Rapporto larghezze cupolino/stalla= 25mm/m



- Orientamento asse longitudinale est-ovest: limita esposizione solare pareti longitudinali; attenzione alla chiusura delle testate;
- Considerare clima locale: direzioni brezze e venti dominanti;
- Collocare corpo mungitura nel punto più fresco della stalla, preferibilmente a nord o nord-est, con priorità ad area d'attesa e zone destinate a vacche prossime al parto e nella prima fase di lattazione, in quanto più sensibili al caldo.

Tende ombreggianti



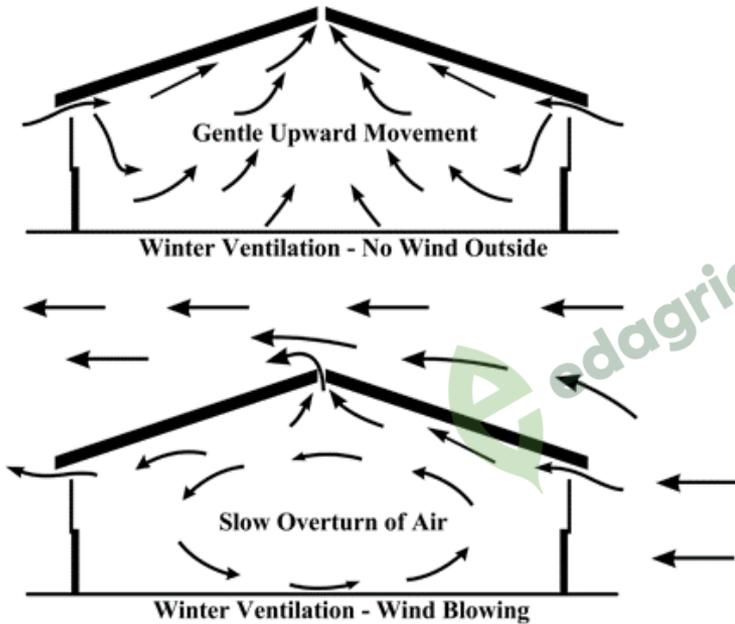
1. Struttura in polipropilene con elemento **anti raggi UV** con cucitura **antismagliamento**.
2. **Motore elettrico**, unico fino a una lunghezza di 70 m.
3. Possibilità di **automatizzazione**: la tenda può essere aperta o chiusa manualmente o anche automaticamente con l'ausilio di una **stazione meteorologica** e di un azionamento elettrico.

Tende ombreggianti

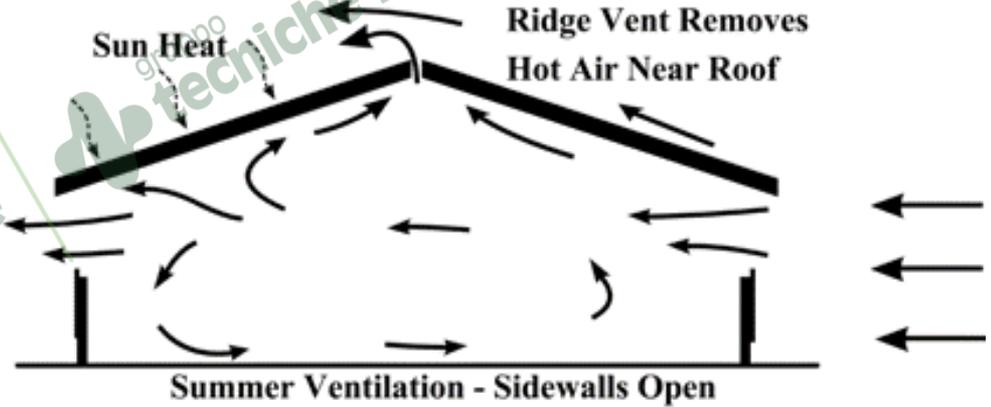


Ventilazione naturale

Inverno



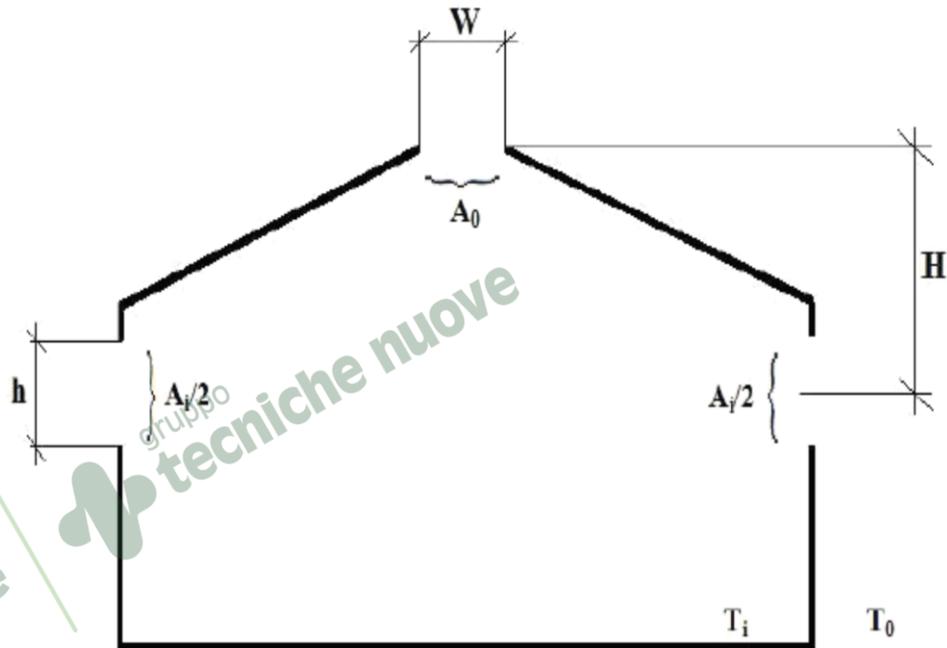
Estate



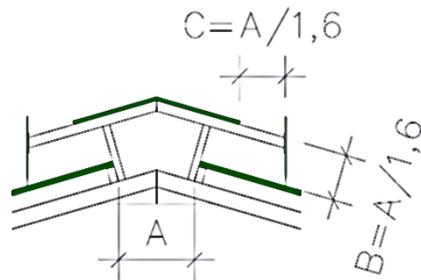
Effetto camino

Proporzioni ottimali: A_i da $2A_0$ a $3A_0$

$$V = C_d \cdot \sqrt{\frac{2gH\Delta T}{T_i \cdot \left(\frac{1}{A_i^2} + \frac{1}{A_o^2} \right)}}$$



- V = portata volumica di ventilazione (m^3/s)
- C_d = coefficiente di efficacia delle aperture (0.5 - 0.6)
- ΔT = differenza temperatura interna – esterna (K)
- T_i = temperatura interna (K)



Se $A=100$ cm, $B=C=62$ cm

Effetto vento

$$V = E * A * V_w$$

V = portata (m^3/s)

A = apertura laterale (m^2)

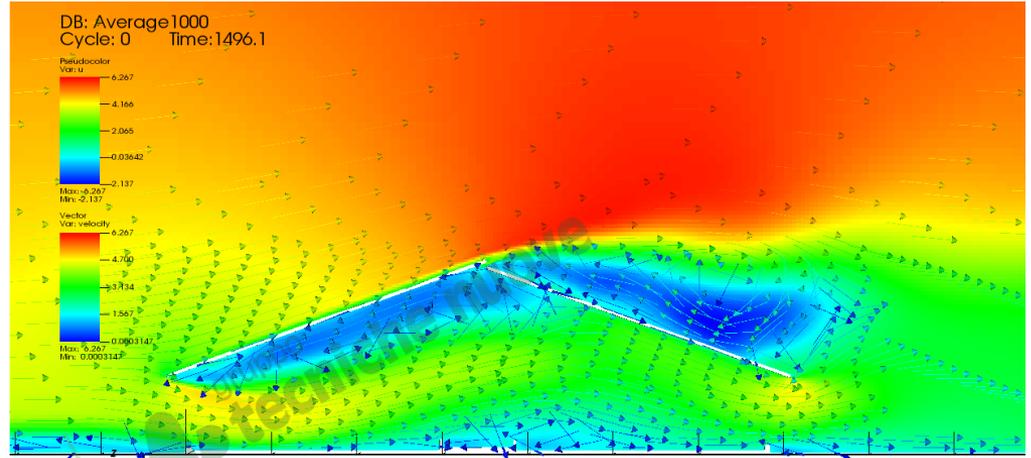
V_w = velocità vento (m/s)

E = efficacia aperture (0.5-0.6 se perpendicolari al flusso, 0.25-0.35 se diagonali; 0.35 raccomandato).

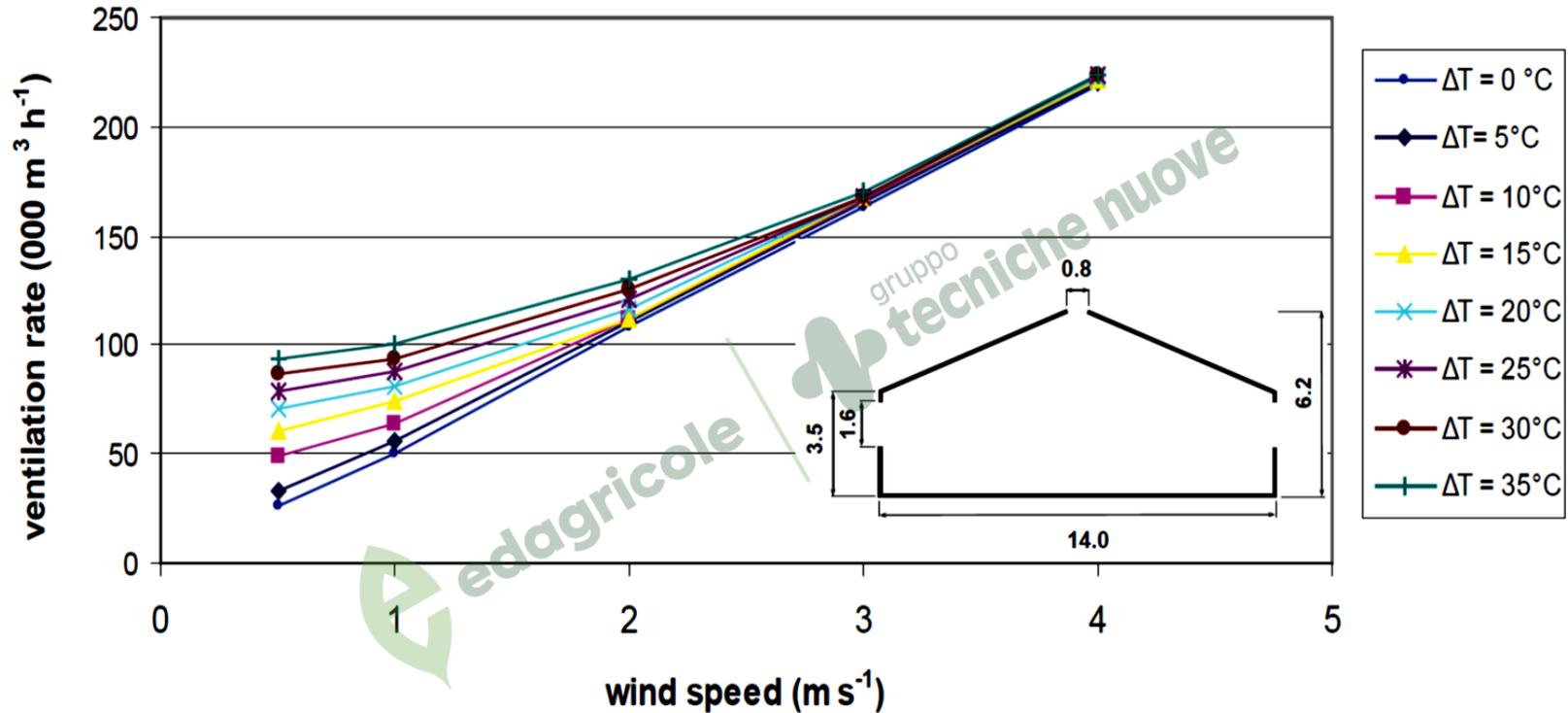
Ventilazione naturale automatizzata: agisce su A

Distanza minima da ostacoli sopravvento (D_{min}):

$$D_{min} = 0.4 * (\text{altezza ostacolo}) * [(\text{lunghezza ostacolo})^{0.5}]$$



Effetto combinato ventilazione naturale



Ventilazione meccanica

- **in pressione:** forzatura dell'ingresso di aria nuova all'interno dell'ambiente mediante i ventilatori e uscita conseguente dell'aria viziata attraverso opportune aperture;
- **destratificazione:** aumento della velocità dell'aria all'interno della stalla con forzatura verticale dall'alto in basso, favorendo l'uscita di aria viziata e l'ingresso di aria esterna, a condizione che il sistema delle aperture sia opportunamente configurato;
- in **estrazione** o in depressione: i ventilatori forzano l'uscita dell'aria viziata e sono previste opportune aperture per l'ingresso dell'aria di rinnovo, con eventuale nebulizzazione d'acqua in corrente d'aria.
- 2550 m³/h per vacca; 100 m³/h per litro giornaliero prodotto
- 40-60 ricambi d'aria orari
- Velocità flusso ingresso (inlet): 2.5-4 m/s

Molteplici soluzioni



agricole

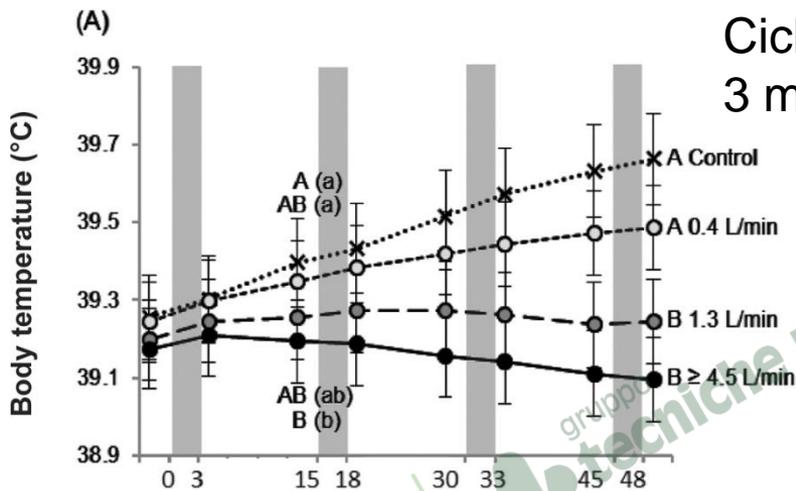
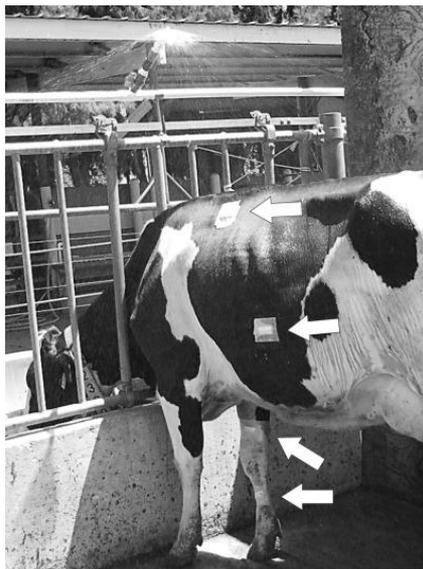


L'acqua come fonte di refrigerazione

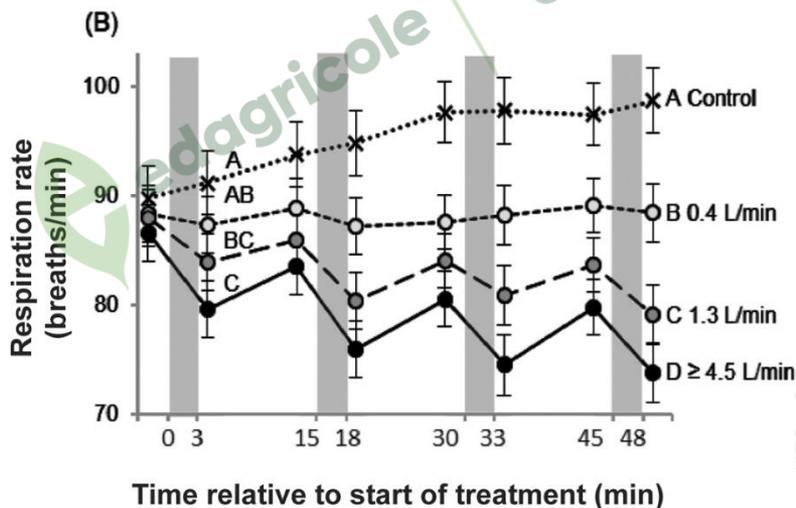
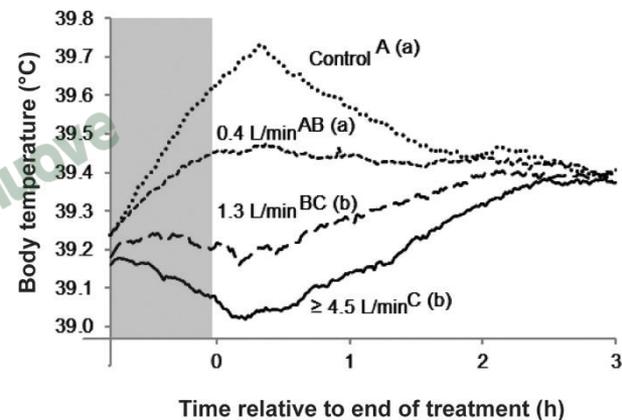
- **Calore latente** di vaporizzazione dell'acqua = 2257 kJ/kg
- Calore specifico acqua = 4.186 KJ/(kg K)
- Evaporazione di 1kg di acqua **equiv.** abbassamento di 1°C di temperatura di 539 kg di acqua
- Calore specifico aria = 1.005 kJ/(kg K)
- Densità aria = 1.225 kg/m³
- Evaporazione di 1kg di acqua **equiv.** abbassamento di 10°C di 183 m³ di aria (61 m² con altezza 3m)

Doccette mangiatoia

Diam: 370-945 μ m



Cicli on-off bagnatura: 3-12 min
3 min per impregnare mantello



Jennifer M. Chen, Karin E. Schütz, Cassandra B. Tucker, 2015. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray, *Journal of Dairy Science*, 98(10):6925-6938, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9434>.

Raffrescamento evaporativo, nebulizzazione



Raffrescamento adiabatico

ASPETTI INGEGNERISTICI

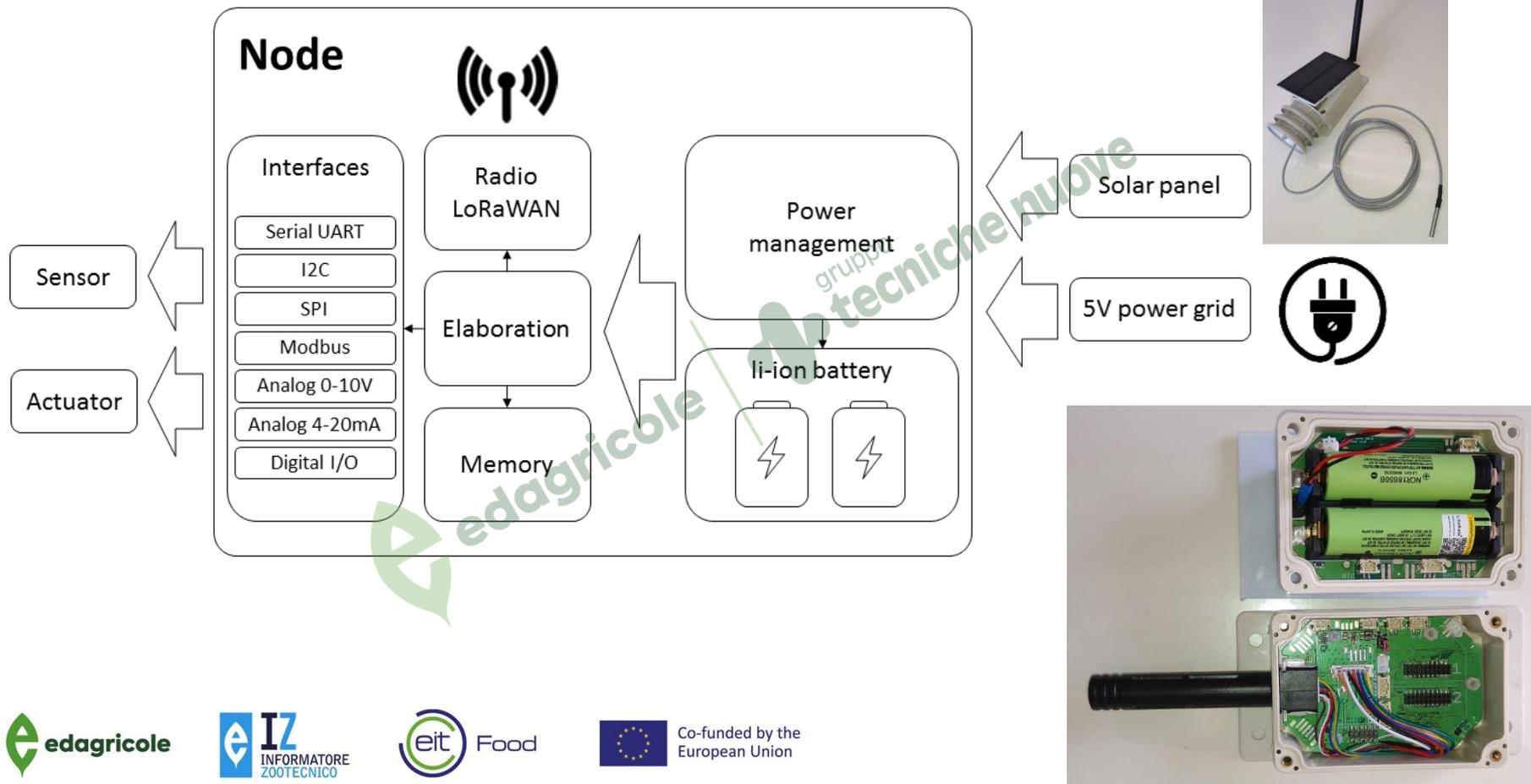
INTERVENTI SU EDIFICI ESISTENTI E MONITORAGGI



Dimensionamento e gestione dei sistemi di raffrescamento

- Modellazione della stalla e dei fenomeni termo-fluidodinamici
- Validazione del modello
- Opportuno sistema di monitoraggio con memorizzazione e analisi dati
- Ottimale per progettazione e gestione: gemello digitale della stalla

Rete smart di monitoraggio



Example of node

Heatmap della stalla



PROGETTO EUROPEO DAIRYSUST 2021-2022

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE DAIRY CATTLE SECTOR

Improving sustainability, animal welfare and productivity in dairy farming



Co-funded by the
European Union



Co-funded by the
European Union



<https://www.eitfood.eu/projects/big-data-and-advanced-analytics-for-sustainable-management-of-the-dairy-cattle-sector>

Il team



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Department of Agricultural and Food
sciences Biosystems engineering Division
Precision livestock farming Group

KU LEUVEN

Department of Biosystems
Division of Animal and Human Health
Engineering
Livestock Technology lab

AGRICOLUS



FLANDERS'
FOOD

Innovatiesteunpunt
voor landbouw en platteland

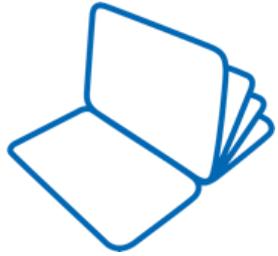


Funded by the
European Union

The project brings together the expertise of leading academic teams in the Precision Livestock Farming and Biosystems data Analytics sectors, a rising star start-up providing digital solutions for smart farming, and societies supporting innovation and stakeholders participation.

DairySust is based on a highly interdisciplinary approach including Computer Science, Big Data analytics, Animal Science, and Biosystems Engineering.

La piattaforma digitale

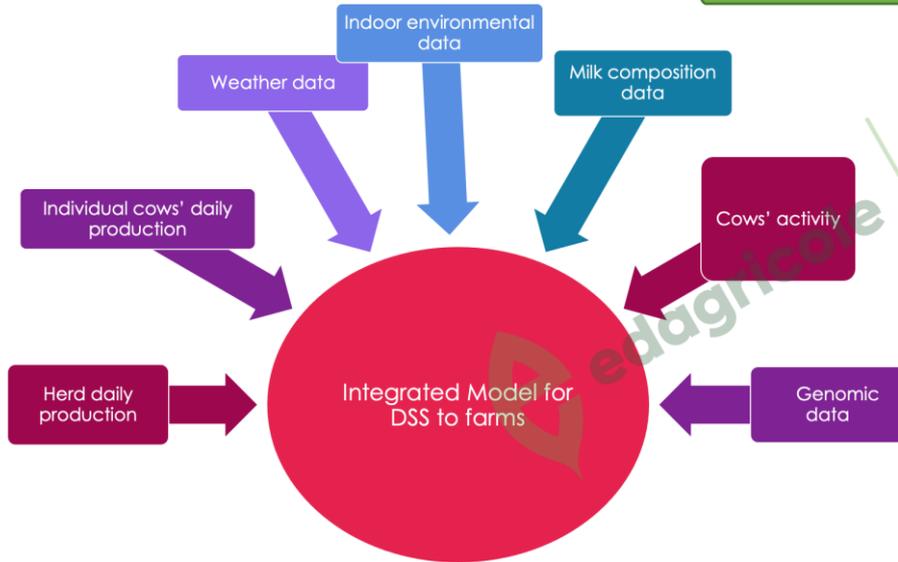


heat stress

cow fertility

milk quality

SUSTAINABILITY
AND EFFICIENCY



Obiettivi

Obiettivo generale: incrementare sostenibilità, benessere animale e produttività negli allevamenti bovini da latte attraverso sistemi innovative di analisi dati

Obiettivi specifici:

- Acquisizione ed integrazione di dati da diverse sorgenti di acquisizione (sistemi di mungitura, sensori di attività, reti di monitoraggio di parametri ambientali)
- Sviluppo di una piattaforma software data-driven come strumento di supporto alle decisioni

La piattaforma DAIRYSUST: moduli



Co-funded by the
European Union



Co-funded by the
European Union

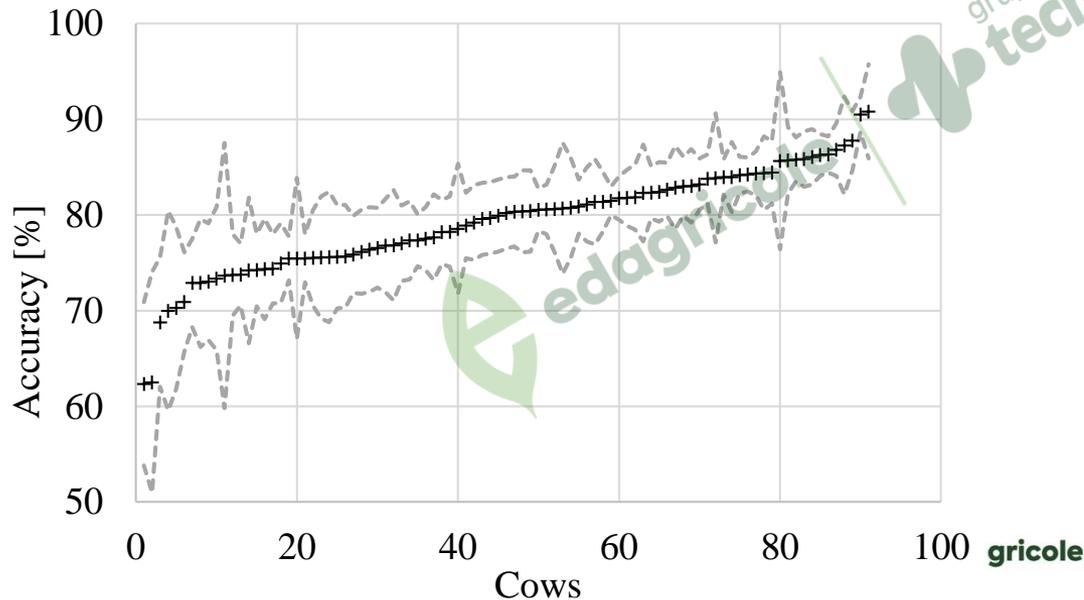
Modulo Stress da caldo

Previsione dei cali produttivi



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

$$y_{i,j} = DIM_{i,j} + THI_{i,j} + THI_{i,j-1} + THI_{i,j-2} + THI_{i,j-3} + THI_{i,j-4} + THI_{i,j-5} + e_{i,j}$$



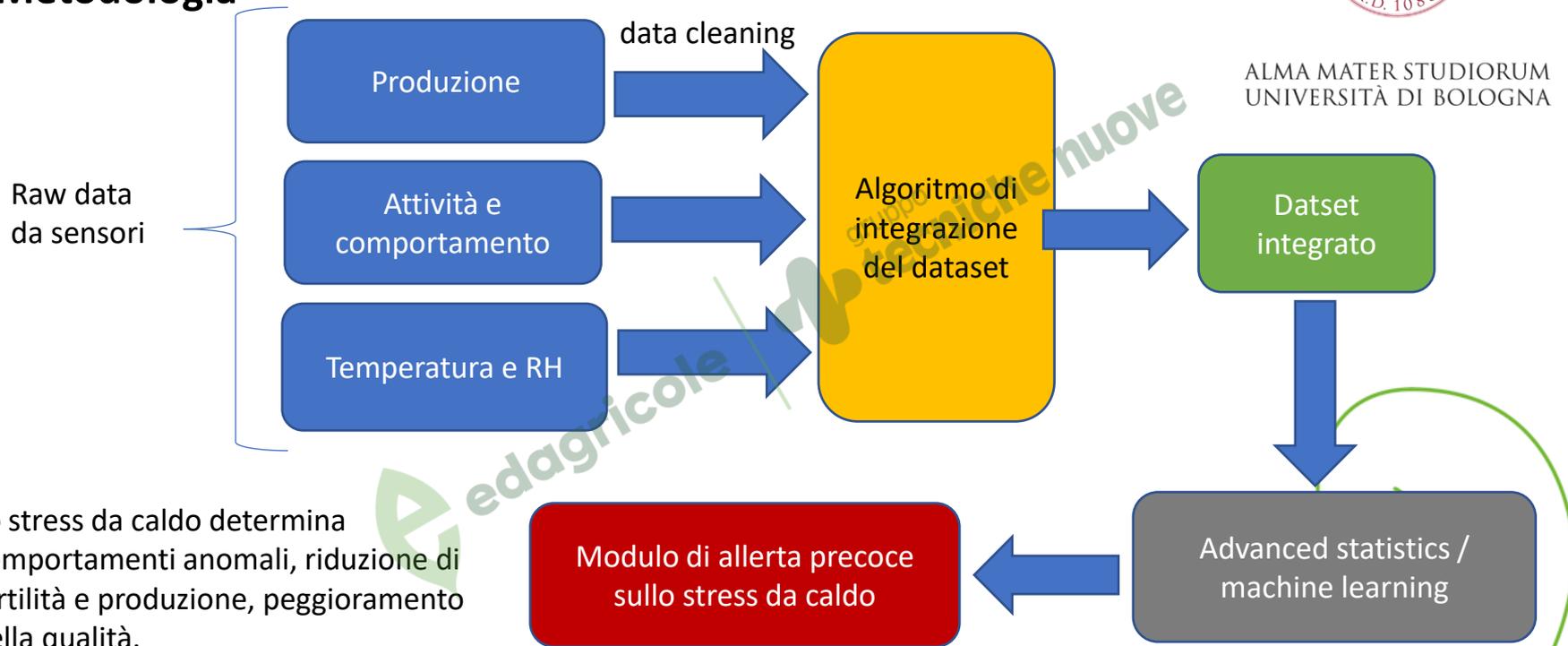
Modello Random Forest



Attività di UniBO



Metodologia



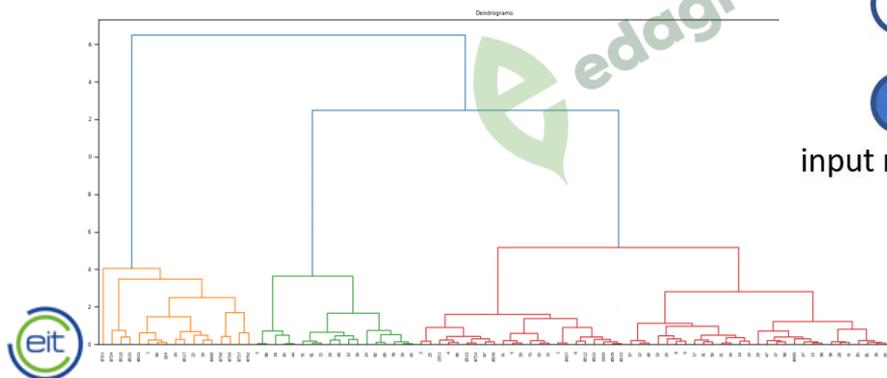
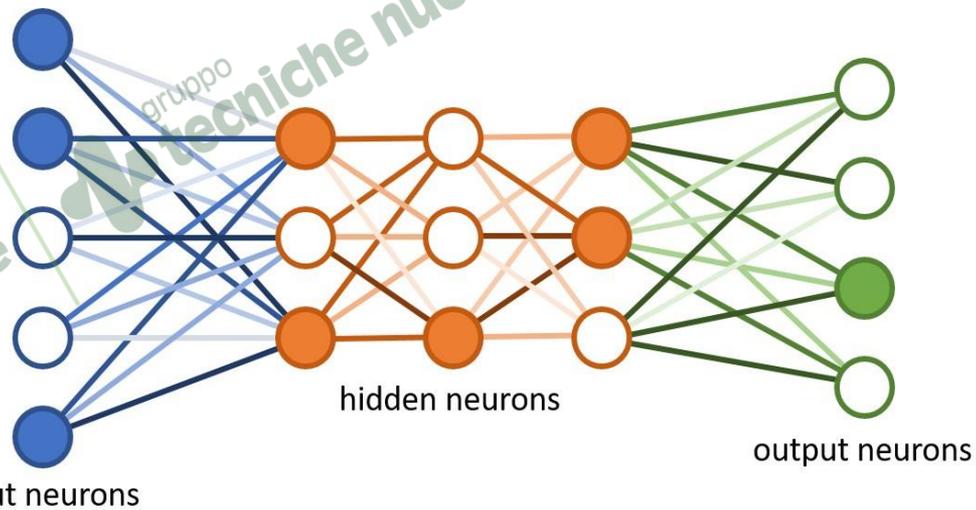
Lo stress da caldo determina comportamenti anomali, riduzione di fertilità e produzione, peggioramento della qualità.

Attività di UniBO

Approccio AI



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

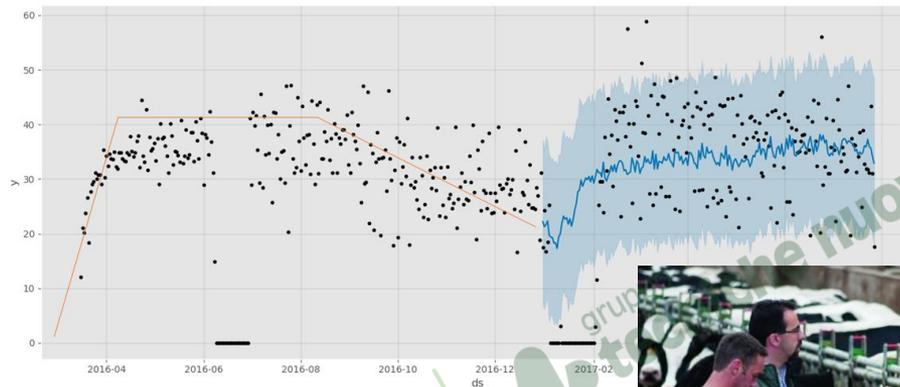


The heat stress module will be developed using approaches based on artificial intelligence and machine learning

Attività di UniBO

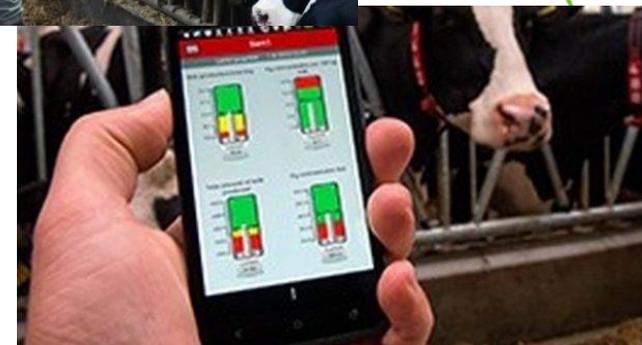


Risultati



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

- Quantificazione degli effetti di livelli critici di THI sulla produzione in rapporto alle condizioni di allevamento e fenotipiche.
- Valutazione delle conseguenze di scenari di cambiamento climatico sulla produzione tramite proiezioni.



Identificazione precoce di stress da caldo

- Definizione di una curva di lattazione di riferimento, basata sulla mandria
- Identificazione di anomalie di singole bovine in termini di riduzione della produzione relativa
- Identificazione di anomalie in termini di tempo di riposo rispetto alla mandria
- Il numero di anomalie risulta strettamente correlato con il superamento della soglia di stress di THI
- Riconoscimento della condizione di allerta
- Identificazione degli animali più **suscettibili** allo stress da caldo e quantificazione della suscettibilità a parità di condizioni termoigrometriche



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Gli incontri di

I Z

INFORMATORE ZOOTECNICO

1^o
INCONTRO

Lo stress da caldo delle bovine da latte: come monitorarlo ed evitarlo

L'analisi del comportamento degli animali, l'opportuna impiantistica della stalla, decisioni tattiche e strategiche



e
edagricole

WEBINAR

Mercoledì 20 aprile 2022

Ore 11.00-12.30



Webinar realizzato in collaborazione con:
Progetto EIT Food DairySust
Big data and advanced analytics for sustainable management of the dairy cattle sector

