

Gli incontri di

**I Z**

INFORMATORE ZOOTECNICO

1<sup>o</sup>  
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



# 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:

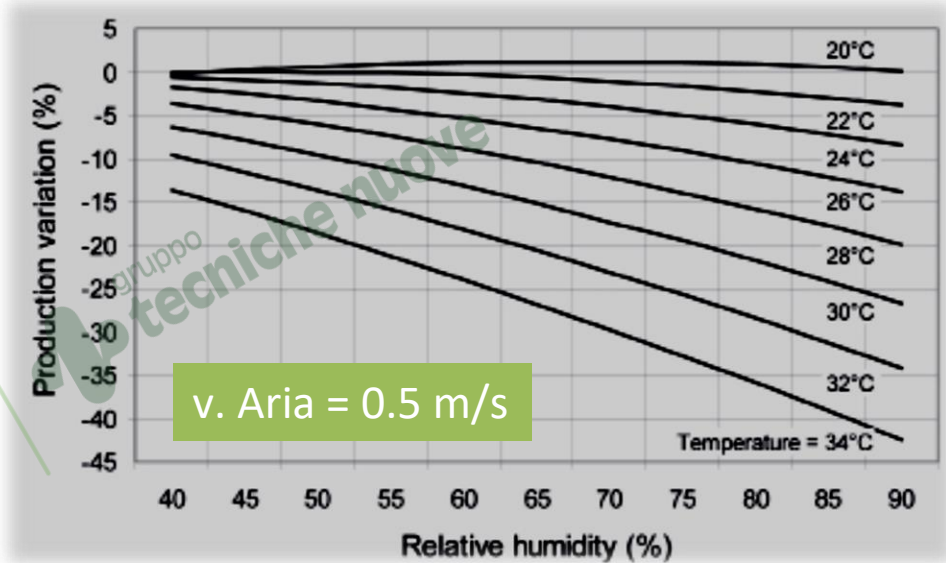
- ombreggiamento, preferibilmente con alberi o rampicanti, oppure reti, pannelli, sporti di gronda;
- coibentazione e - meglio ancora - ventilazione delle coperture, in grado di limitare il surriscaldamento dell'intradosso del solaio;
- impiego di materiali dotati di alto potere riflettente per le parti 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  $24^{\circ}\text{C}$ .
- $\text{UR} < 40\%$  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)

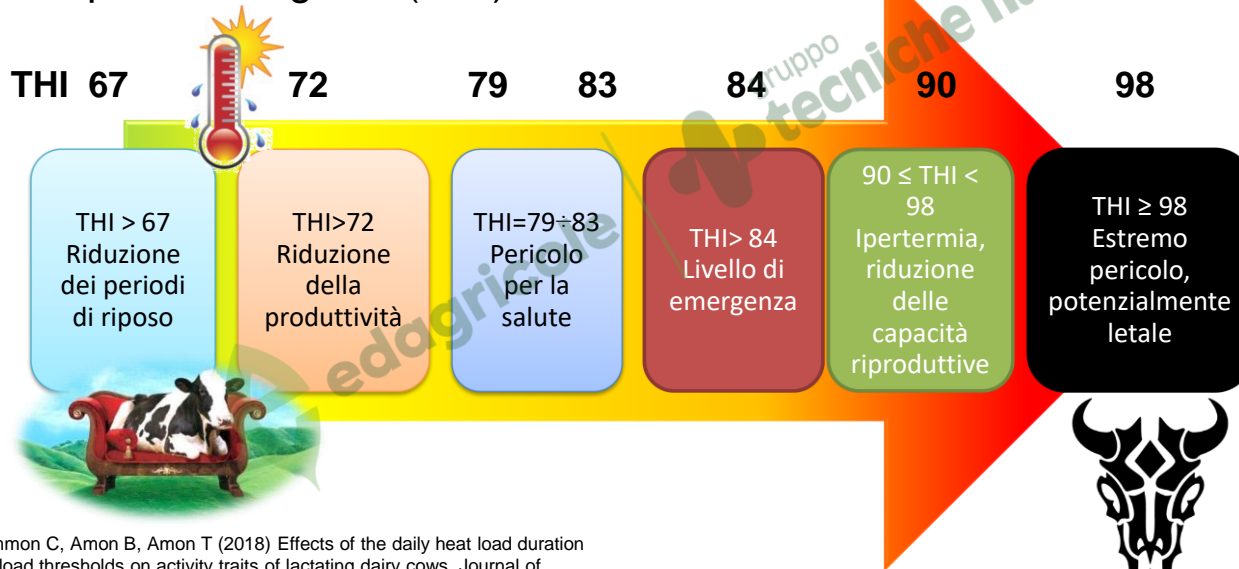
$$THI = T_{bd} + 0.36 DPT + 41.2$$

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

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

Semplificando:

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



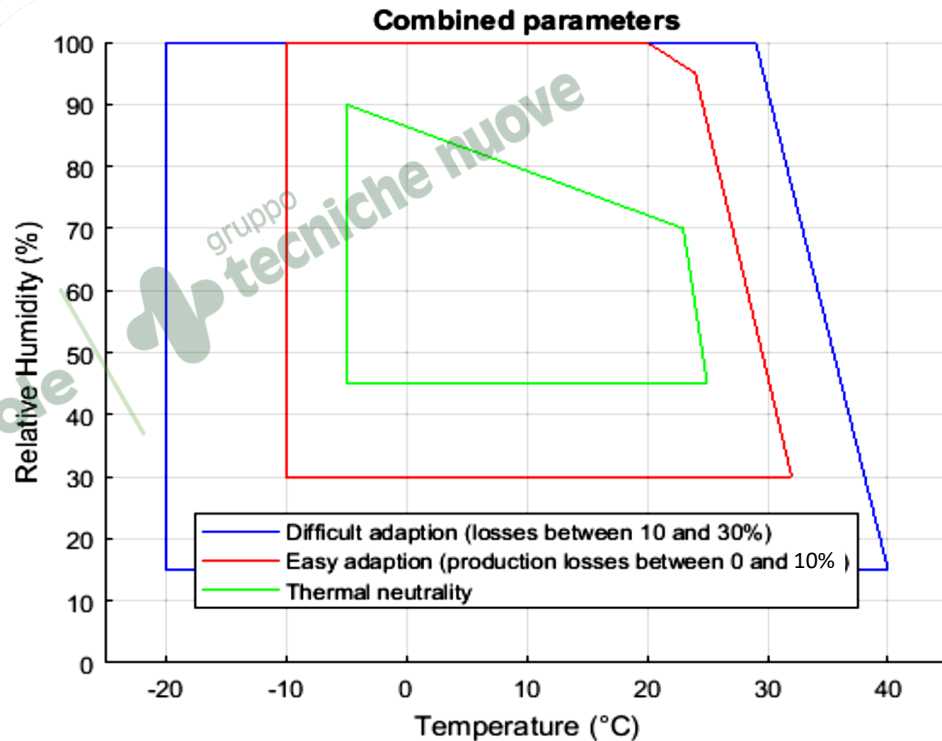
- Heinicke J, Hoffmann G, Ammon C, Amon B, Amon T (2018) Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. Journal of Thermal Biology, Volume 77, October 2018, Pages 67-74
- Hahn GL, Gaughan JB, Mader TL, Eigenberg RA (2009) 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).

# Combinazione di temperatura e umidità

Zona di neutralità termica":  
intervallo di temperatura  
all'interno del quale è minima la  
produzione di calore da parte  
dell'animale e allo stesso tempo è  
massima la quota di energia  
utilizzata per la produzione.

Per le bovine di razza frisona

- -5 - 24 °C con UR < 50%,
- si riduce fortemente quando UR > 70%





Temp	% Relative Humidity																			
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
72	22.0	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	71	71	71
73	23.0	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72
74	21.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81
83	28.5	69	70	71	71	72	71	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	83
86	30.0	71	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84
87	30.5	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84
88	31.0	72	72	73	74	75	75	76	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84	85
89	31.5	72	73	74	75	75	76	76	77	78	79	80	80	81	81	82	83	84	85	86
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	90	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	94
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

Stress threshold  
 Mid-moderate stress  
 Moderate-severe stress  
 Severe

## Temp

## % Relative Humidity

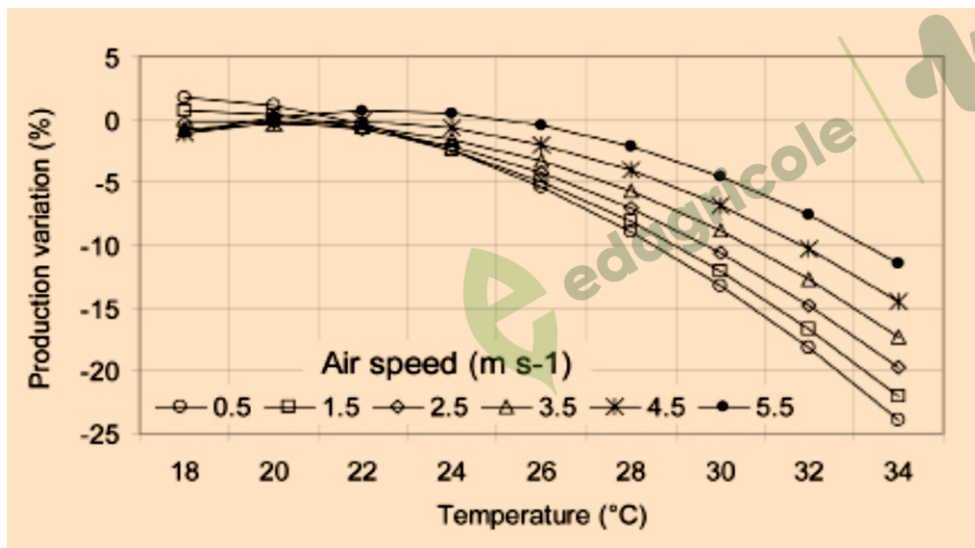
Temp	% Relative Humidity	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	85
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86
89	31.5	72	73	74	75	75	76	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	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



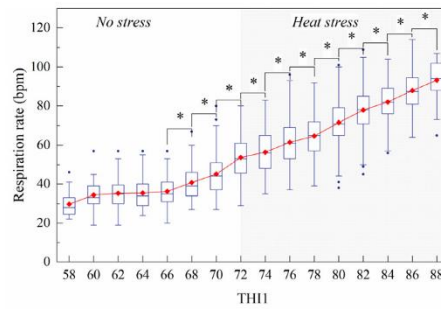
## Equivalent Temperature Index

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

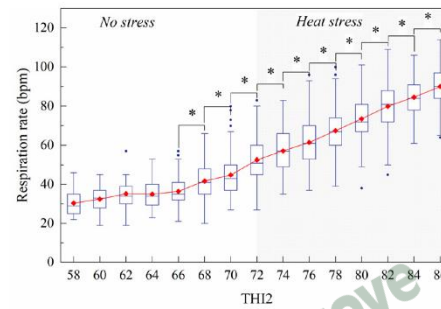
$$ETI = 27.88 - 0.456 Ta + 0.010754 Ta^2 - 0.4905 rh + 0.00088 rh^2 + 1.15 v - 0.12644 v^2 + 0.019876 Ta rh - 0.046313 Ta v$$

# Diversi indici di condizioni ambientali

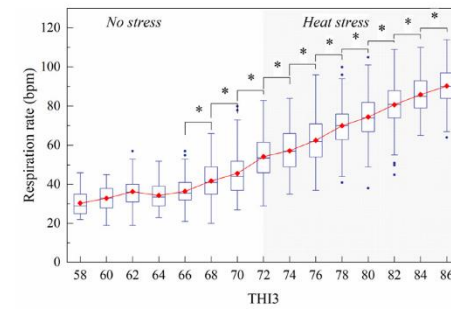
Diversi indici e formulazioni, che possono considerare anche vel. Aria e radiazione solare, ma risultano tutti fortemente correlati con THI



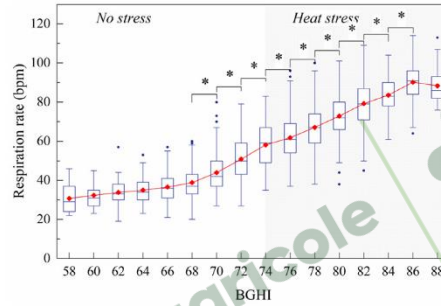
(a)



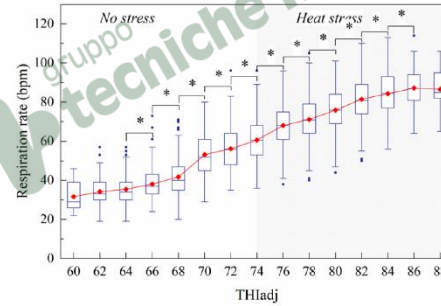
(b)



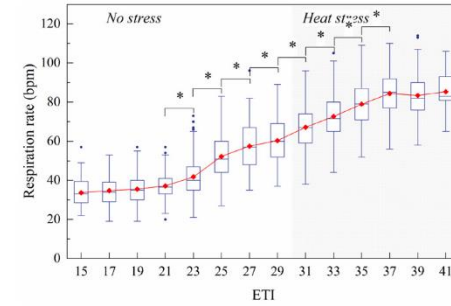
(c)



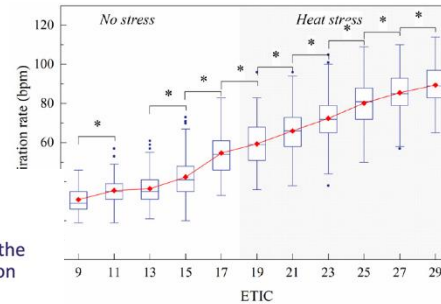
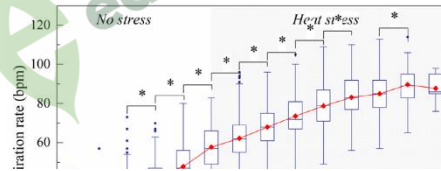
(d)



(e)



(f)



(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



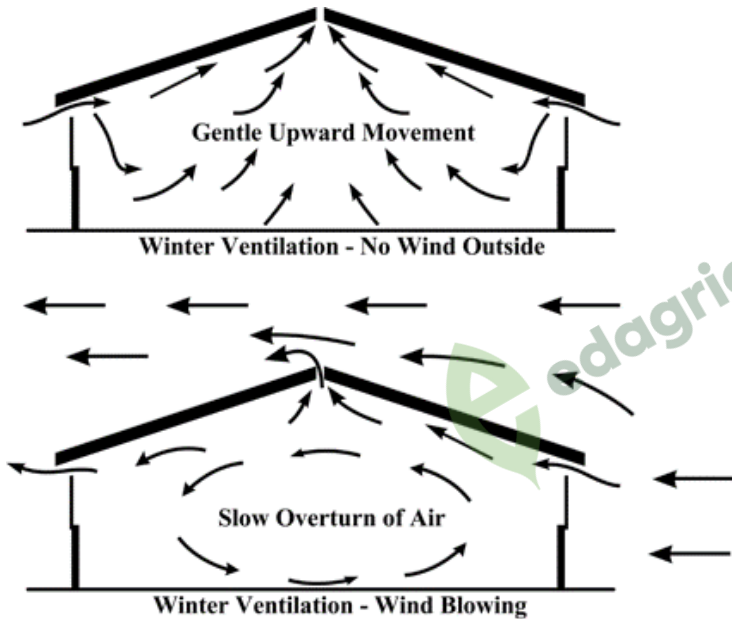
1. Struttura in polipropilene con elemento **anti raggi UV** con cucitura **antismagliamento**.
2. **Motore elettrico**, unico fino a una lunghezza di 70 m.
3. Possibilità di **automatizzazione**: la tenda può essere aperta o chiusa manualmente o anche automaticamente con l'ausilio di una **stazione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

# Tende ombreggianti

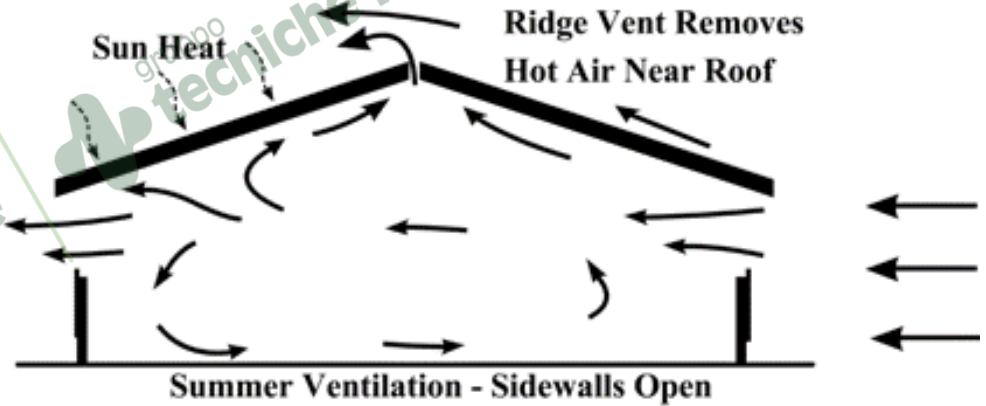


# Ventilazione naturale

Inverno



Estate

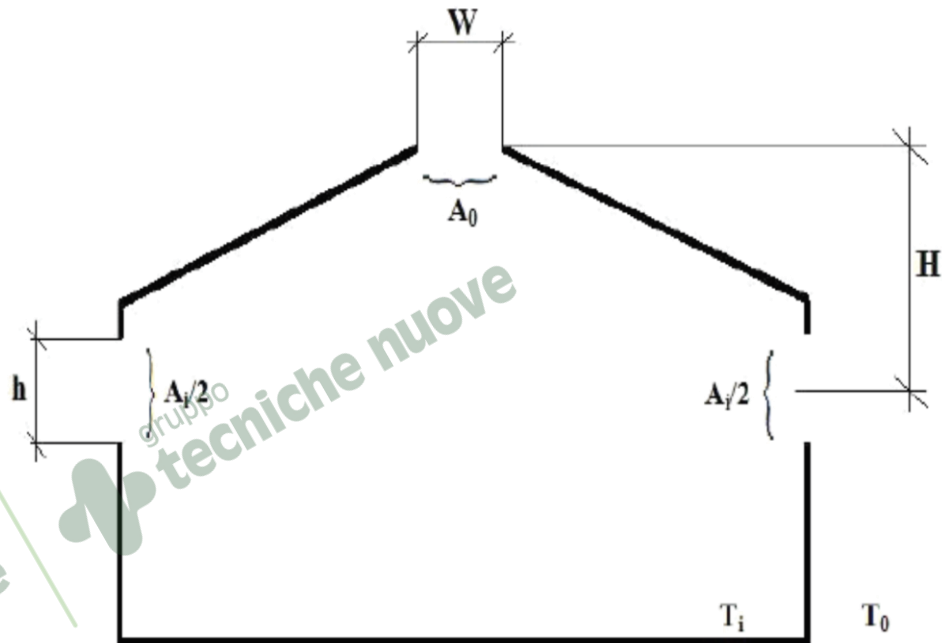




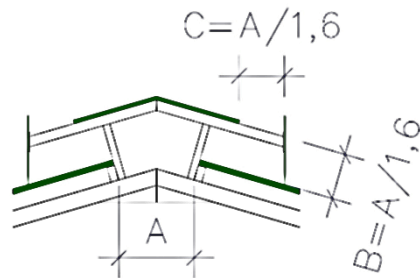
# Effetto camino

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 dieffiacia delle aperture (0.5 - 0.6)
- $\Delta T$  = 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<sup>3</sup>/s)

A = apertura laterale (m<sup>2</sup>)

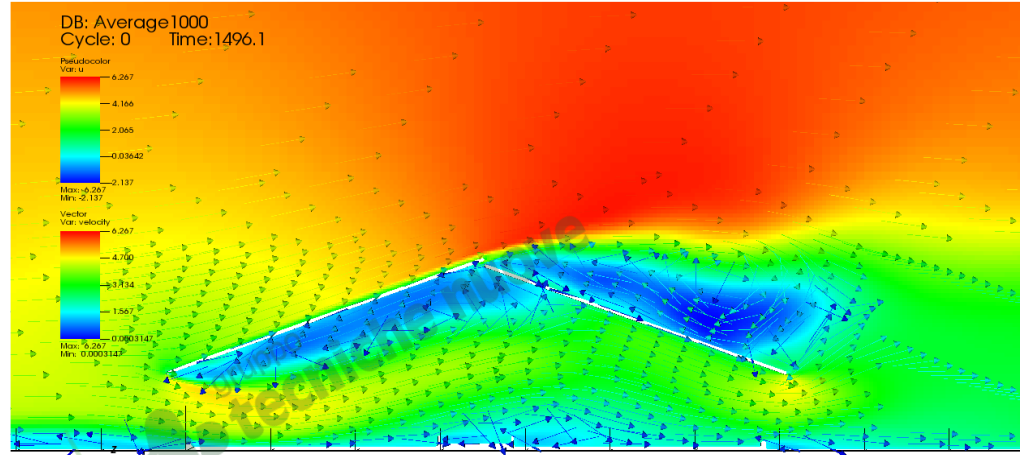
V<sub>w</sub> = velocità vento (m/s)

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

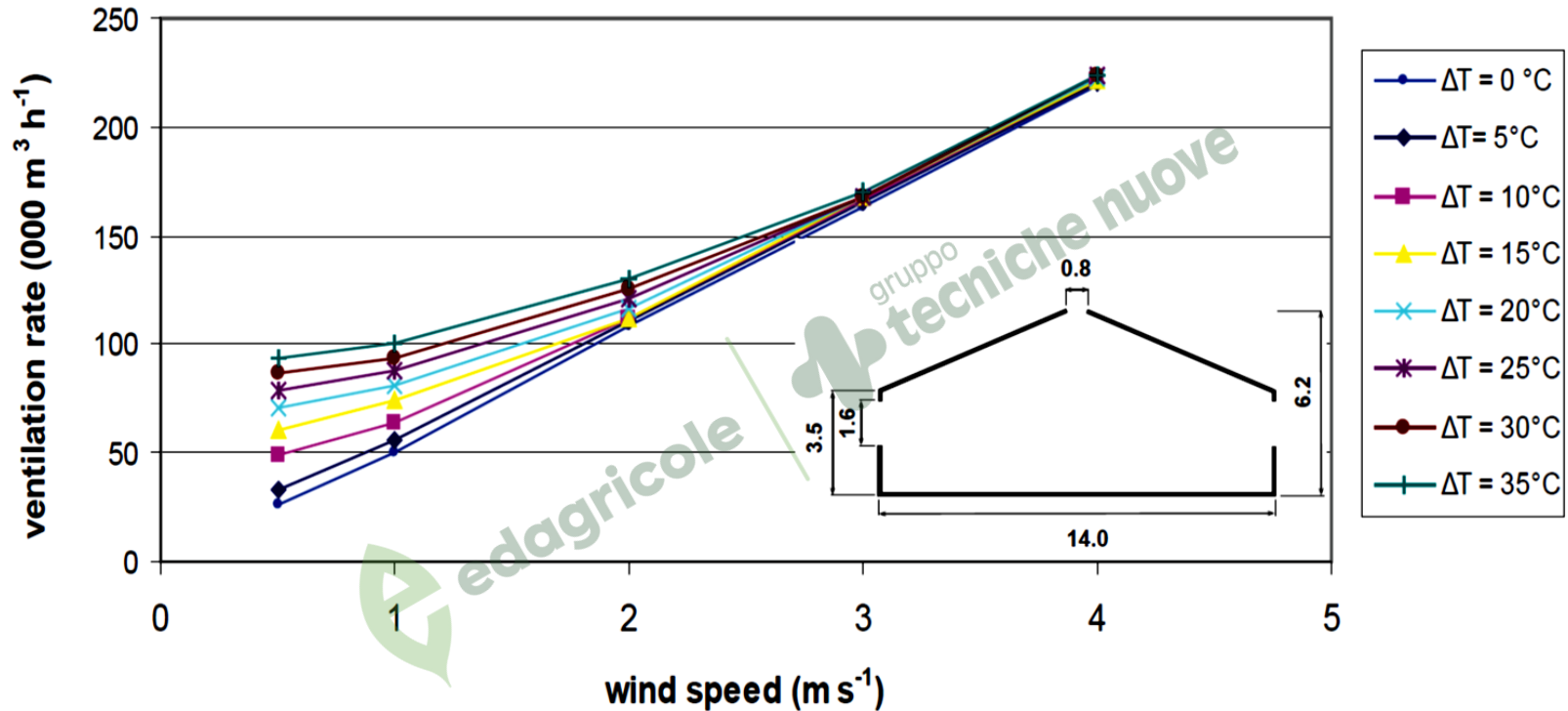
Ventilazione naturale automatizzata: agisce su A

Distanza minima da ostacoli sopravvento (D<sub>min</sub>):

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



# 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 m<sup>3</sup>/h per vacca; 100 m<sup>3</sup>/h per litro giornaliero prodotto
- 40-60 ricambi d'aria orari
- Velocità flusso ingresso (inlet): 2.5-4 m/s

# Molteplici soluzioni



agricole

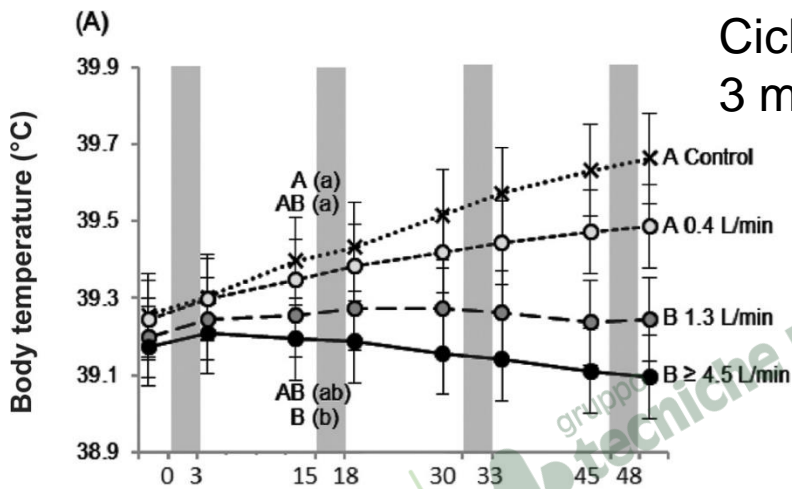
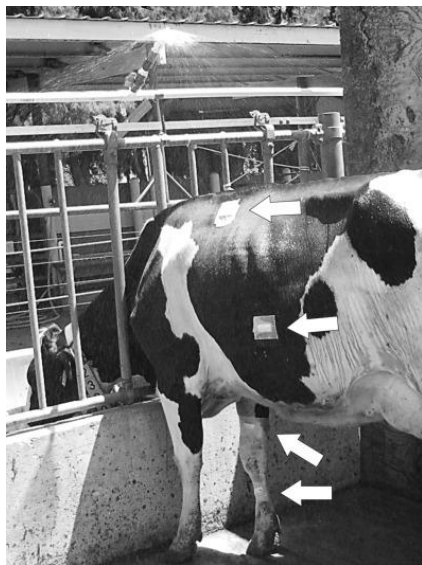


# L'acqua come fonte di refrigerazione

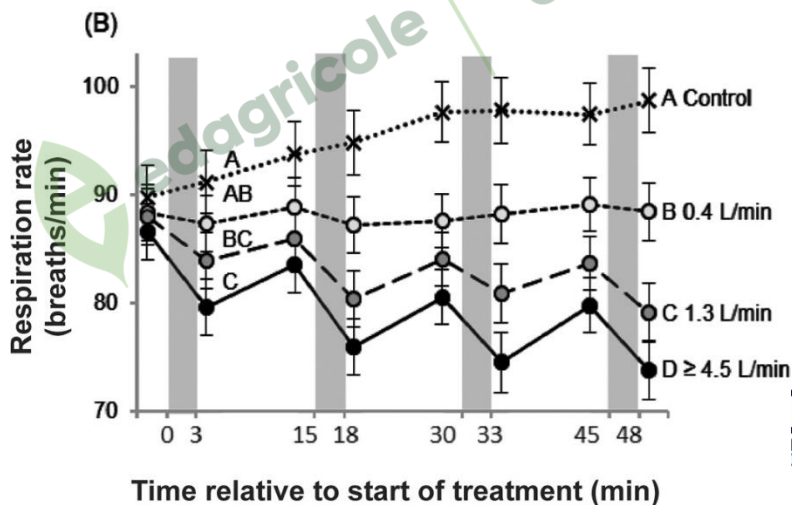
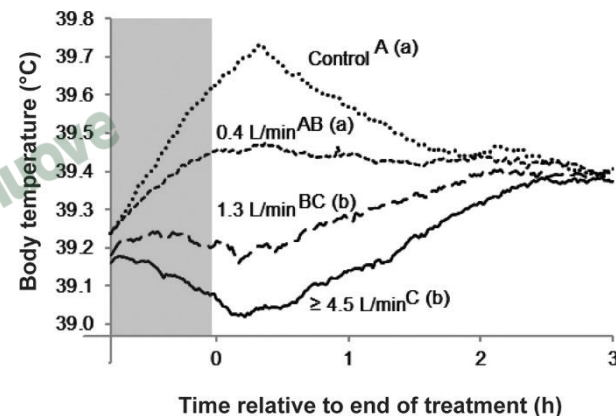
- **Calore latente** di vaporizzazione dell'acqua = 2257 kJ/kg
- Calore specifico acqua = 4.186 KJ/(kg K)
- Evaporazione di 1kg di acqua **equiv.** abbassamento di 1°C di temperatura di 539 kg di acqua
- Calore specifico aria = 1.005 kJ/(kg K)
- Densità aria = 1.225 kg/m<sup>3</sup>
- Evaporazione di 1kg di acqua **equiv.** abbassamento di 10°C di 183 m<sup>3</sup> di aria (61 m<sup>2</sup> con altezza 3m)

# Doccette mangiatoia

Diam: 370-945 $\mu$ 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

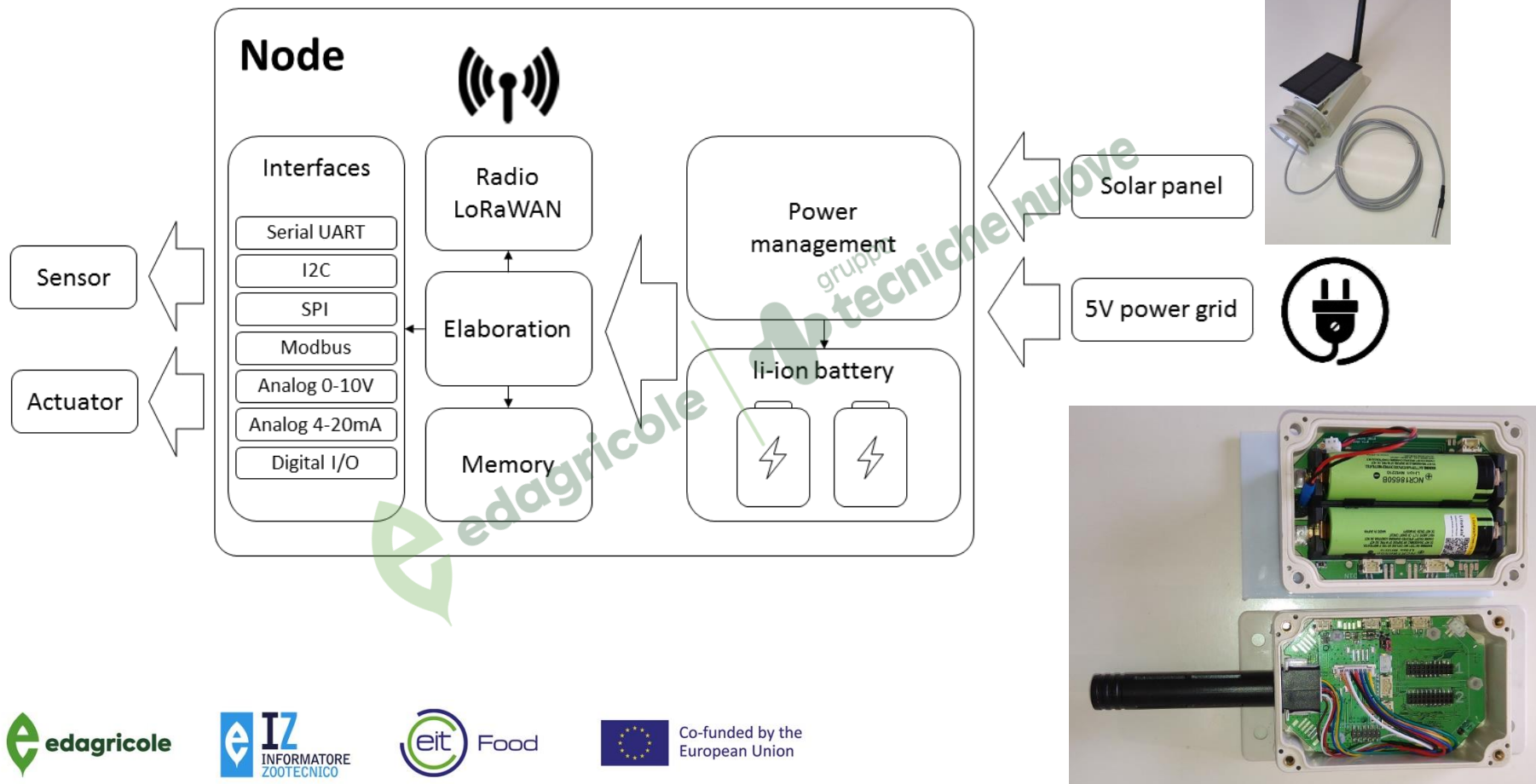
edagricole | gruppo tecniche nuove



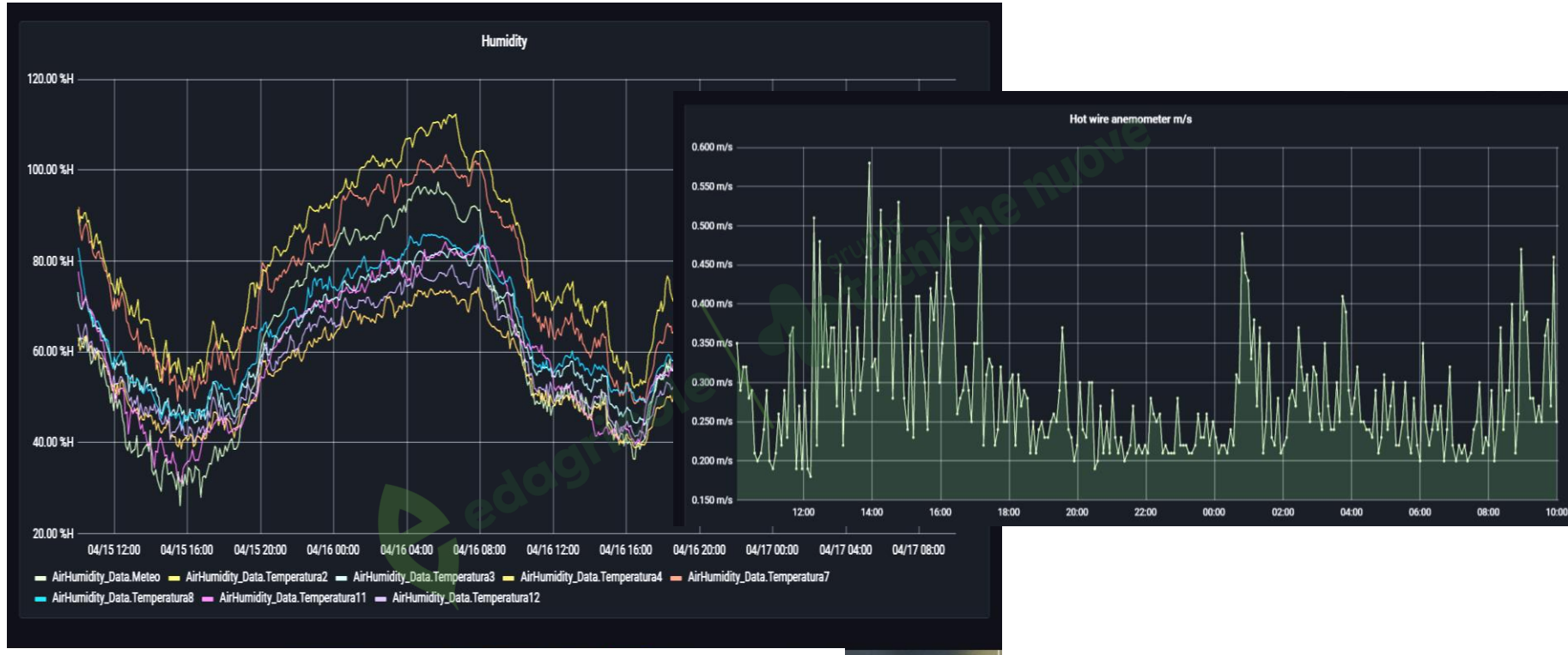
# Dimensionamento e gestione dei sistemi di raffrescamento

- 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



# 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**



**Innovatiesteunpunt**    
voor landbouw en platteland



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

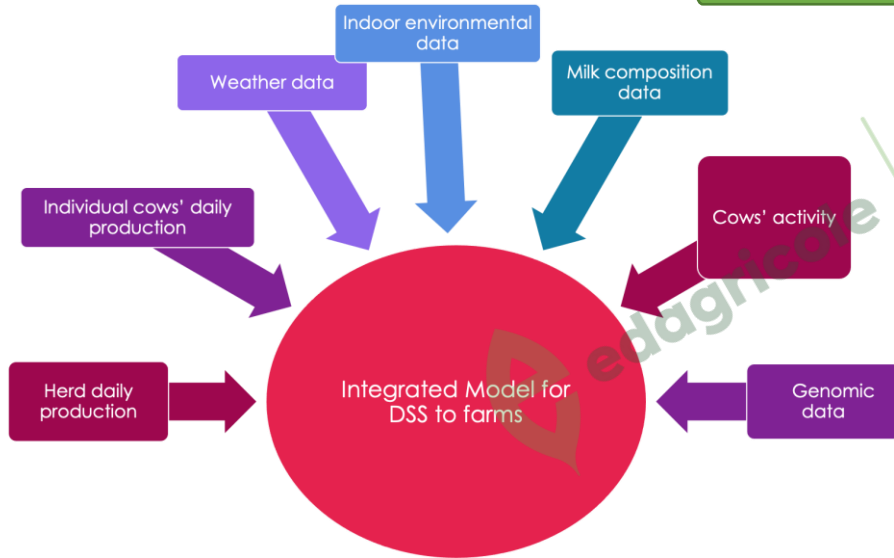


heat stress

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:

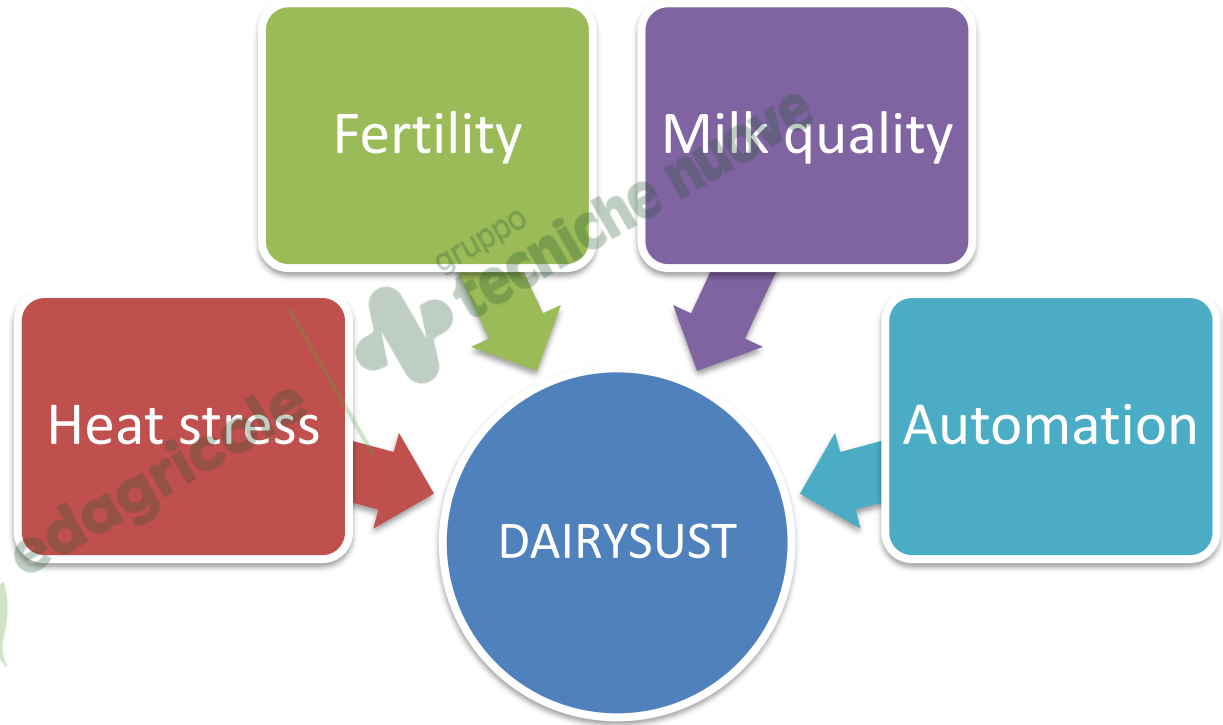
- Acquisizione ed integrazione di dati da diverse sorgenti di acquisizione (sistemi di mungitura, sensori di attività, reti di monitoraggio di parametri ambientali)
- Sviluppo di una piattaforma software data-driven come strumento di supporto alle decisioni



# La piattaforma DAIRYSUST: moduli



Co-funded by the  
European Union



Co-funded by the  
European Union

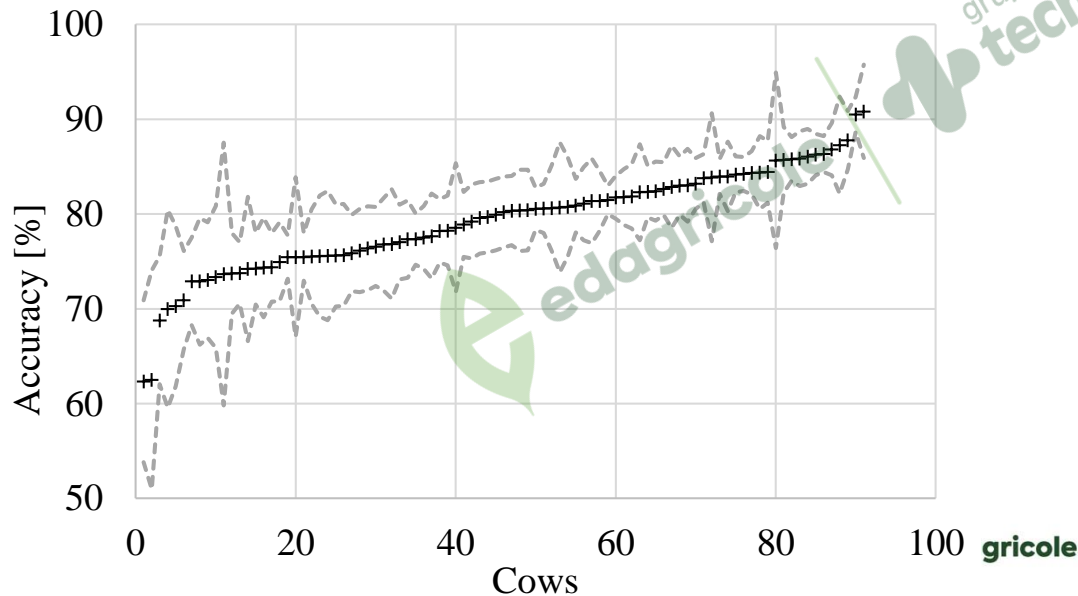
# Modulo Stress da caldo

## Previsione dei cali produttivi



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

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



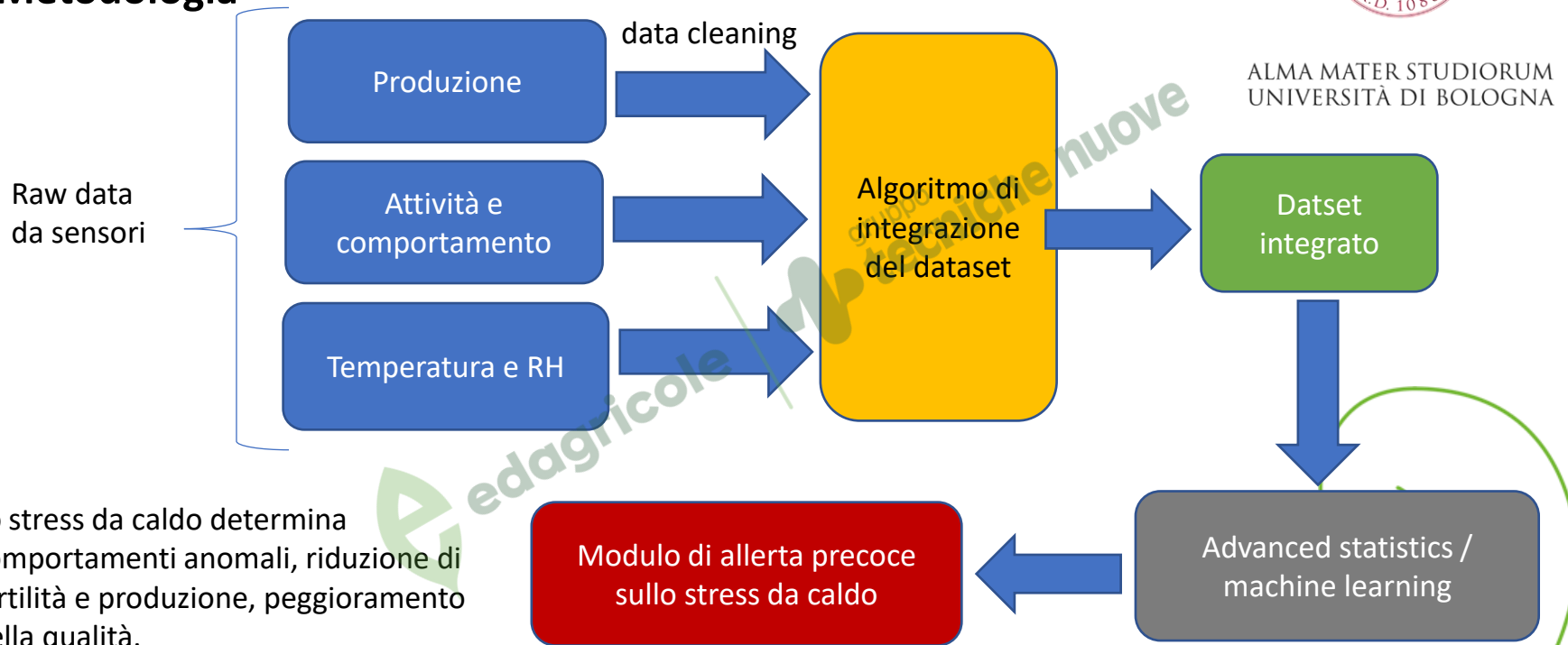
Modello Random Forest



# Attività di UniBO



## Metodologia



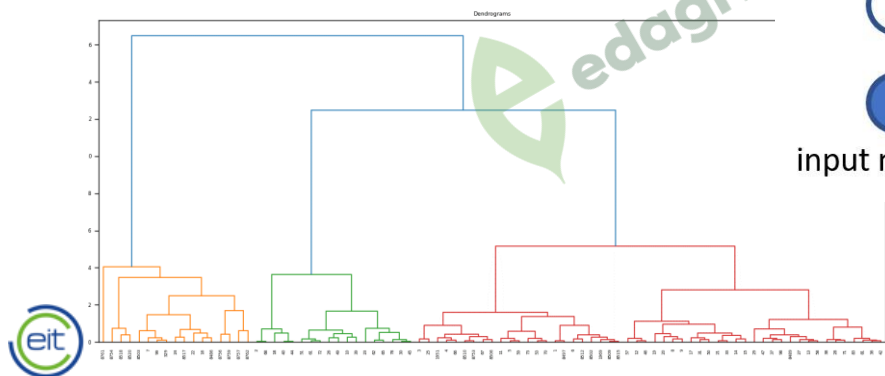
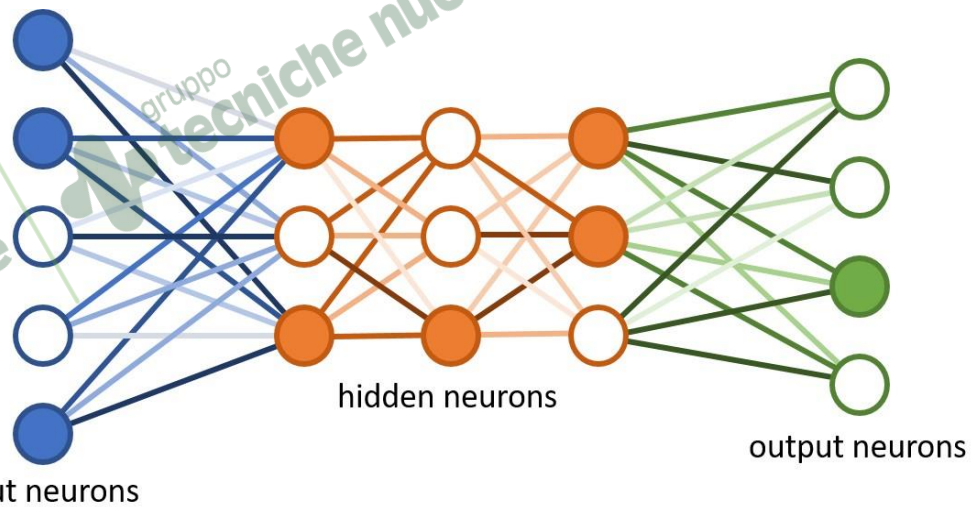
Lo stress da caldo determina comportamenti anomali, riduzione di fertilità e produzione, peggioramento della qualità.

# Attività di UniBO

## Approccio AI



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

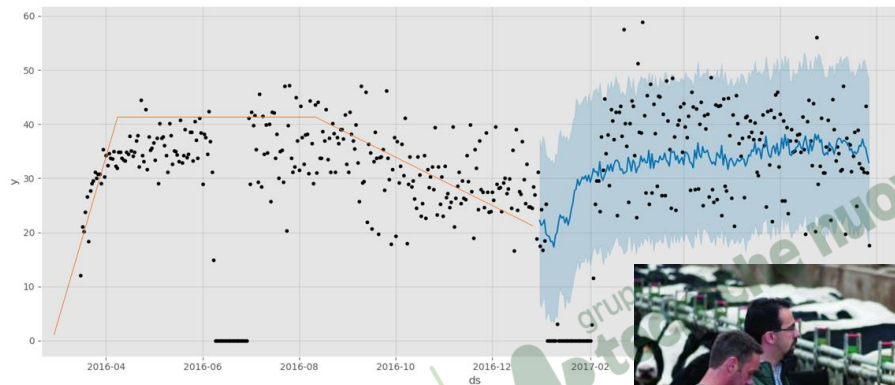


The heat stress module will be developed using approaches based on artificial intelligence and machine learning

# Attività di UniBO

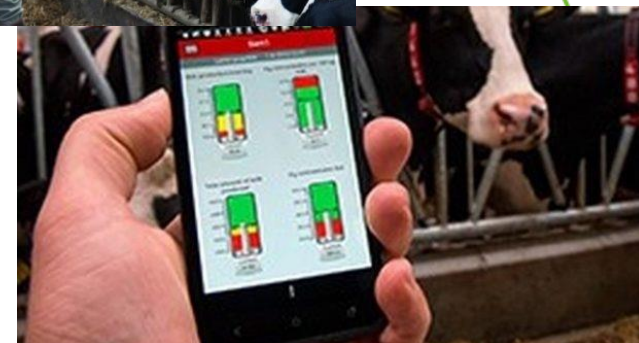


## Risultati



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<sup>o</sup>  
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

