



## 26 ° SEMINARIO SATA BOVINI

21-22 MARZO 2024

PROGRAMMA



*Sostenibilità globale e aziendale:  
concetti di quantificazione, mitigazione  
e adattamento al cambiamento climatico*

**Alberto Stanislao Atzori**

Dipartimento di Agraria, Università di Sassari



**UNISS**  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI SASSARI

**ANT**  
ANIMAL NEW TECH



**SPIN-OFF di trasferimento tecnologico dell'Università di Sassari**

# Di cosa parleremo



1. Definire Sostenibilità
2. Cambio climatico: cenni per la zootecnia?
3. Sostenibilità Globale: impatti e ruoli nell'ecosistema
4. Sostenibilità Aziendale: Quantificazione impatti e LCA
5. Come si misurano, da dove vengono, quanto valgono,
6. Sostenibilità Aziendale: Mitigazione del cambio climatico
7. Sostenibilità Aziendale: Adattamento al cambio climatico

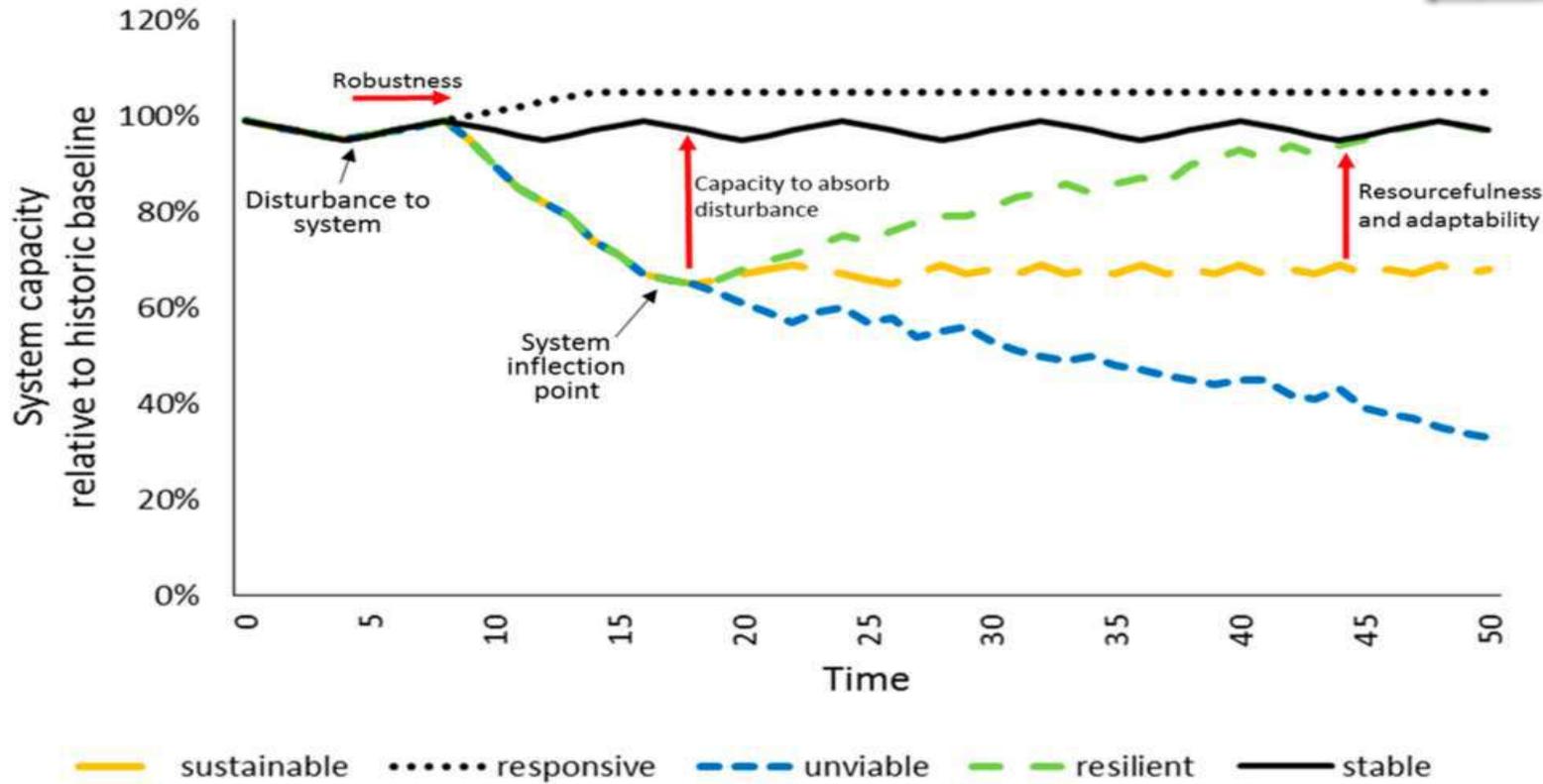
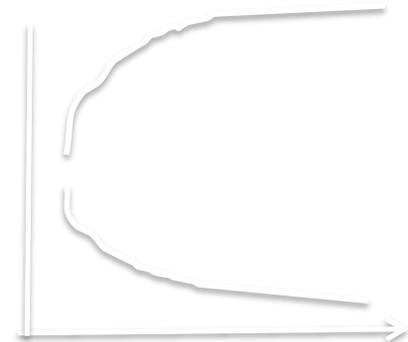
# 1. Il concetto di sostenibilità



Review

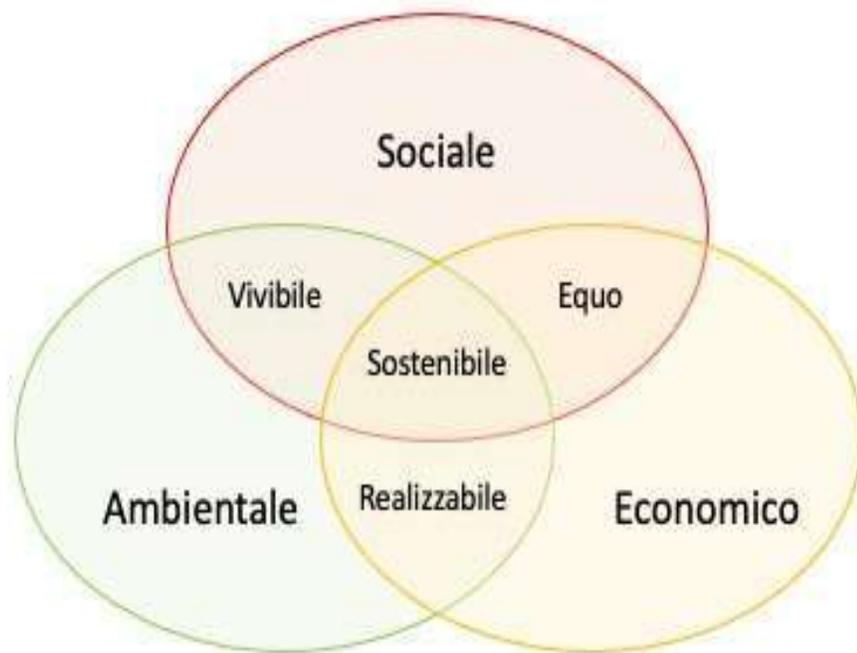
# System Dynamics Modeling for Agricultural and Natural Resource Management Issues: Review of Some Past Cases and Forecasting Future Roles

Benjamin L. Turner <sup>1,\*</sup>, Hector M. Menendez III <sup>2</sup>, Roger Gates <sup>3</sup>, Luis O. Tedeschi <sup>4</sup> and Alberto S. Atzori <sup>5</sup>



- Sostenibilità?
- Resilienza?

# Bilanci di Sostenibilità



**Rendicontazione annuale  
degli elementi di governance  
che hanno un impatto  
economico, ambientale e sociale.**

Dal 1 gennaio 2024  
Aziende > 250 dipendenti e 50 M fatturato

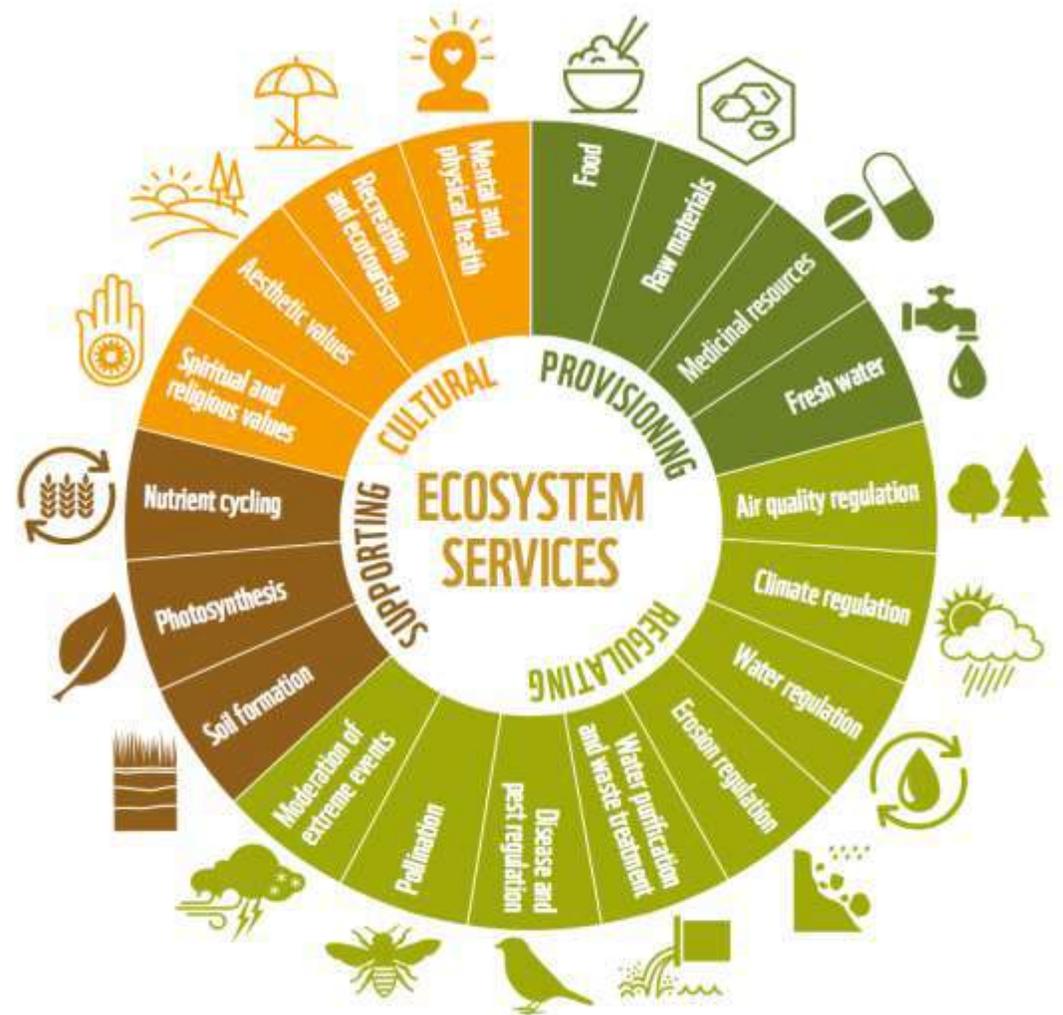
Dal 1 gennaio 2026  
Piccole e medie imprese  
devono presentare un bilancio di sostenibilità

**3 Pilastri: Ambientale, Sociale, Economico**

# Sustainable Development Goals (SDG) 2030



## Servizi ecosistemici



## Sostenibilità globale:

Produrre sostenibile per il bene degli altri

- quanto contribuiamo all'impatto?
- quanto possiamo ridurre?
- quanto cibo produrremo?
- Ruoli e servizi al pianeta

## Sostenibilità aziendale:

Produrre sostenibile per la continuità dell'azienda  
(Tecnico, economico, ambientale)

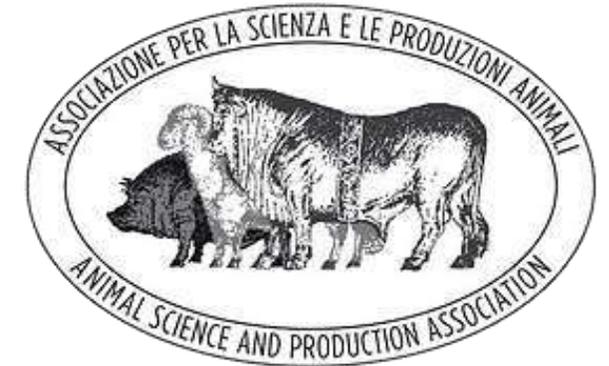
- Quanto ci conviene contribuire alla riduzione dell'impatto?

## Adattamento al cambiamento climatico:

Perché e come?



Gruppo di modellizzazione nutrizionale  
ModNut ASPA:



L'azione del gruppo di lavoro "ModNut-Aspa"

# Sostenibilità aziendale e sostenibilità globale

di **Alberto Stanislao Atzori<sup>1</sup>**, **Giulia Ferronato<sup>2</sup>**, **Antonio Gallo<sup>3</sup>**

+8 articoli

- Metano
- Azoto
- Carbon footprint
- Sottoprodotti
- Stress da caldo
- Economia circolare
- Gestione economica
- Certificazioni Ambientali

## 2. Cambiamenti climatici: perchè e quanto conta la zootecnia?

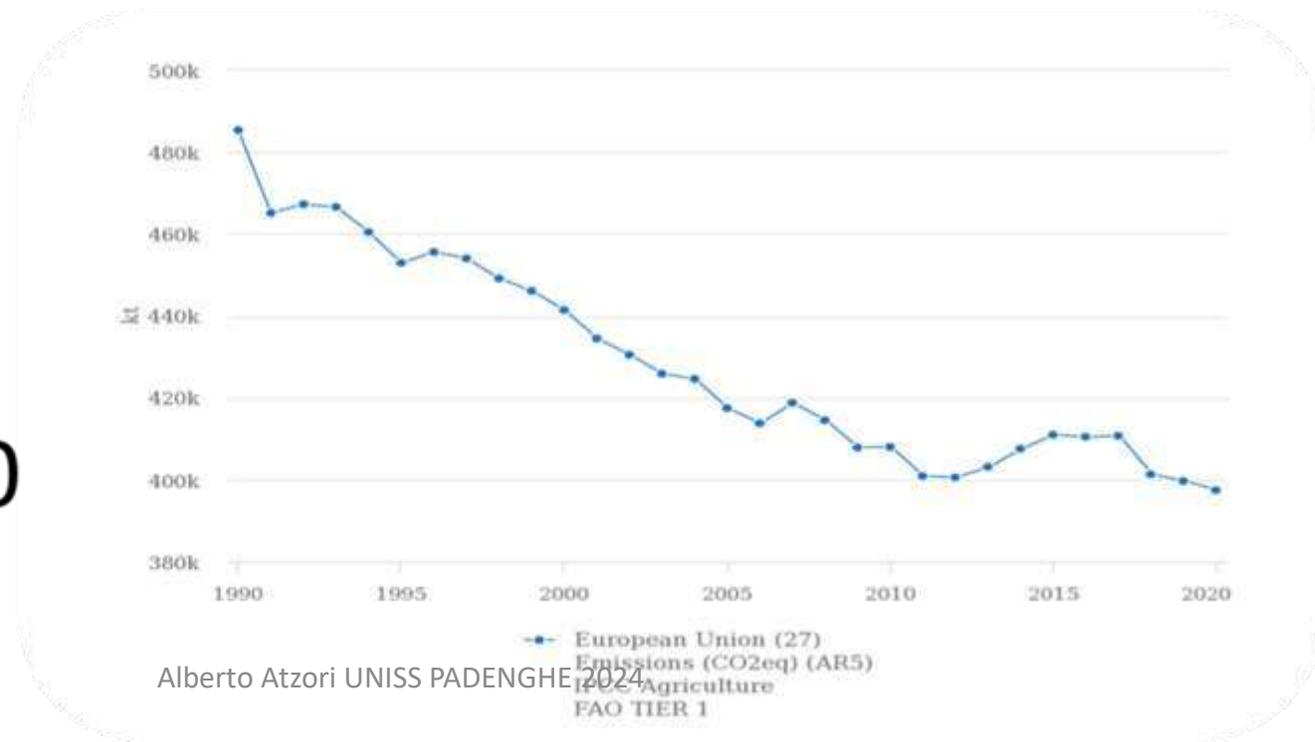
---



# EMISSIONI IN EU-27 (in CO<sub>2</sub>e)

Le emissioni  
dell'agricoltura in  
UE si sono ridotte  
del **18.1%** dal 1990  
al 2021

Negli ultimi 30 anni il sistema agroalimentare unico settore che ha **ridotto del -20% le emissioni pro capite**, nonostante una crescita della popolazione mondiale di 2,5 miliardi di individui.



# LE EMISSIONI IN ITALIA

TOTALE EMISSIONI IN ITALIA:

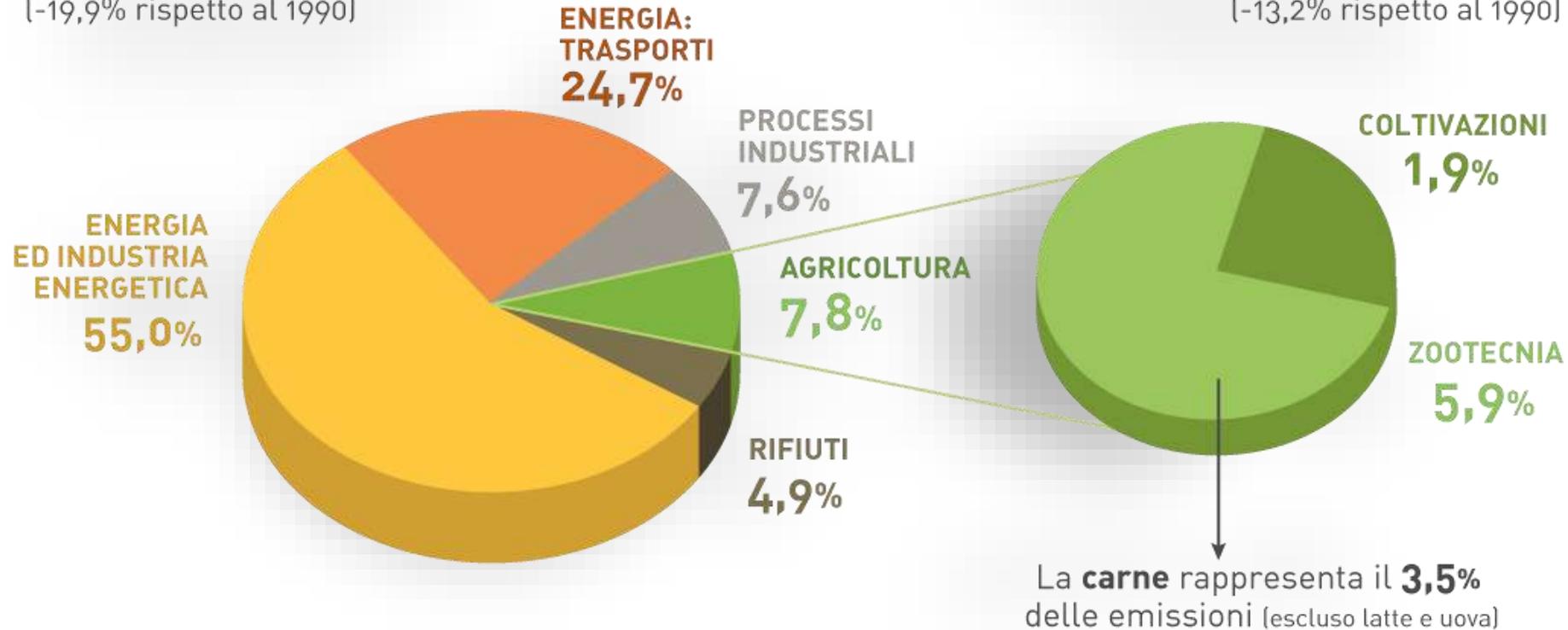
**417,6 mln t CO<sub>2</sub> eq.**

[-19,9% rispetto al 1990]

EMISSIONI IN AGRICOLTURA:

**32,7 mln t CO<sub>2</sub> eq.**

[-13,2% rispetto al 1990]



LE EMISSIONI IN ITALIA

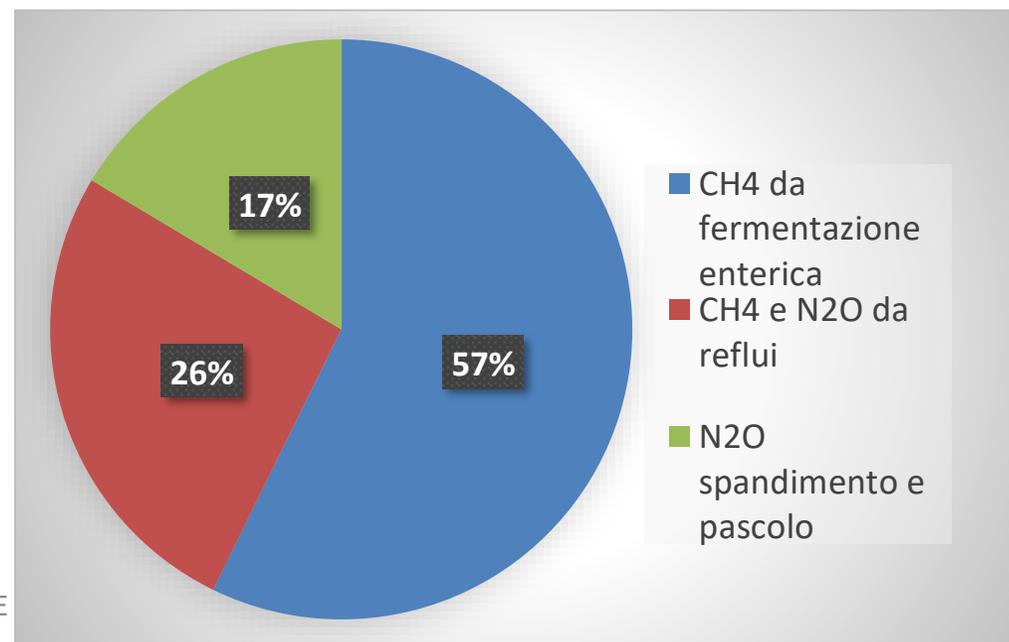
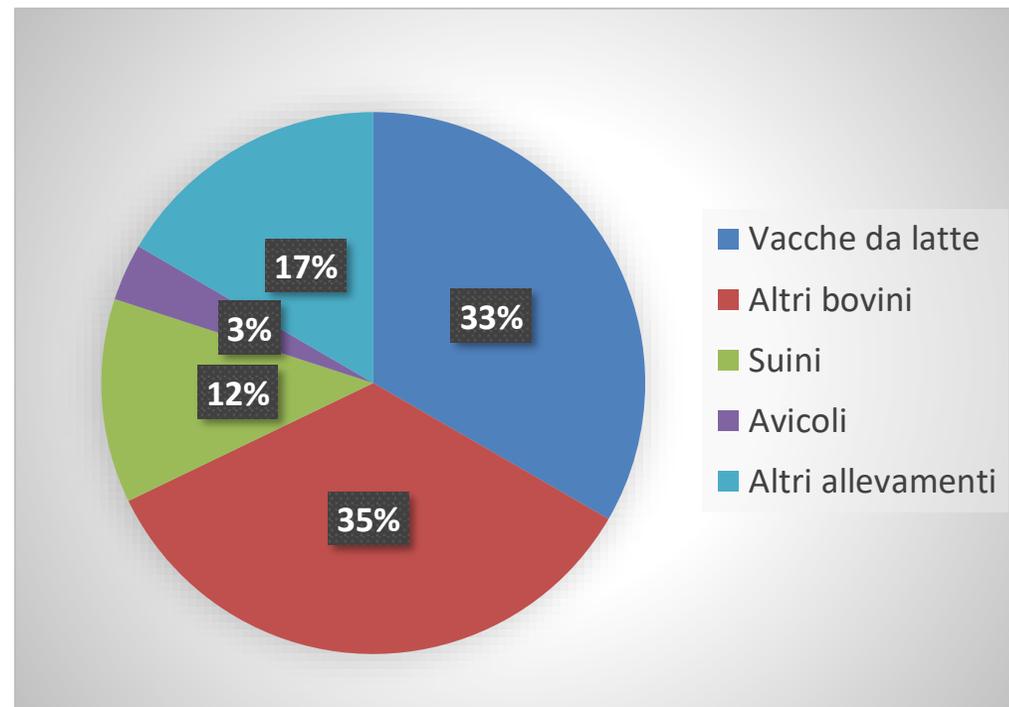
(ISPRA 2023)

# Ripartizione delle emissioni di gas climalteranti della zootecnia in Italia nel 2022 (ISPRA, cp).

---

Totale emissioni  
23,638 Mt di CO<sub>2</sub>e

Alberto Atzori UNISS PADENGHE



# GAS diversi e loro Potenziale effetto serra (PES) (100 anni di tempo)

<b>Gas serra</b>	<b>PES</b>
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	28
Ossido nitroso (N <sub>2</sub> O)	267
Idrofluorocarboni (ad es. HFC 134a)	1300
Perfluorocarboni (e.g., CF <sub>4</sub> )	6500
Zolfo esafluorico (SF <sub>6</sub> )	23'900

Un gas vale

# Il metano (CH<sub>4</sub>)

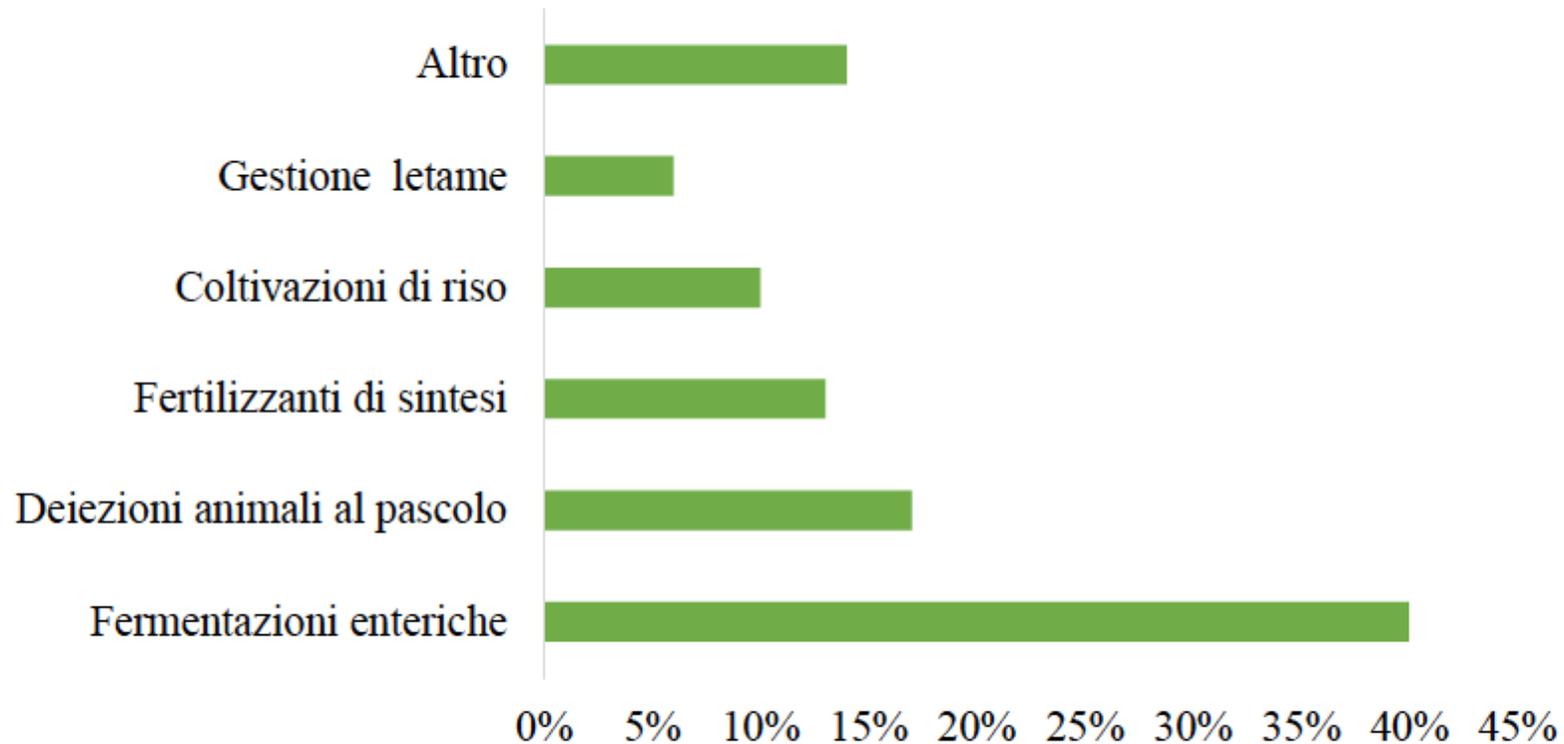


Figura 6. Ripartizione delle emissioni di *green houses gases* (GHG) in funzione di differenti attività agricole. (Fonte: IPCC, 2014).

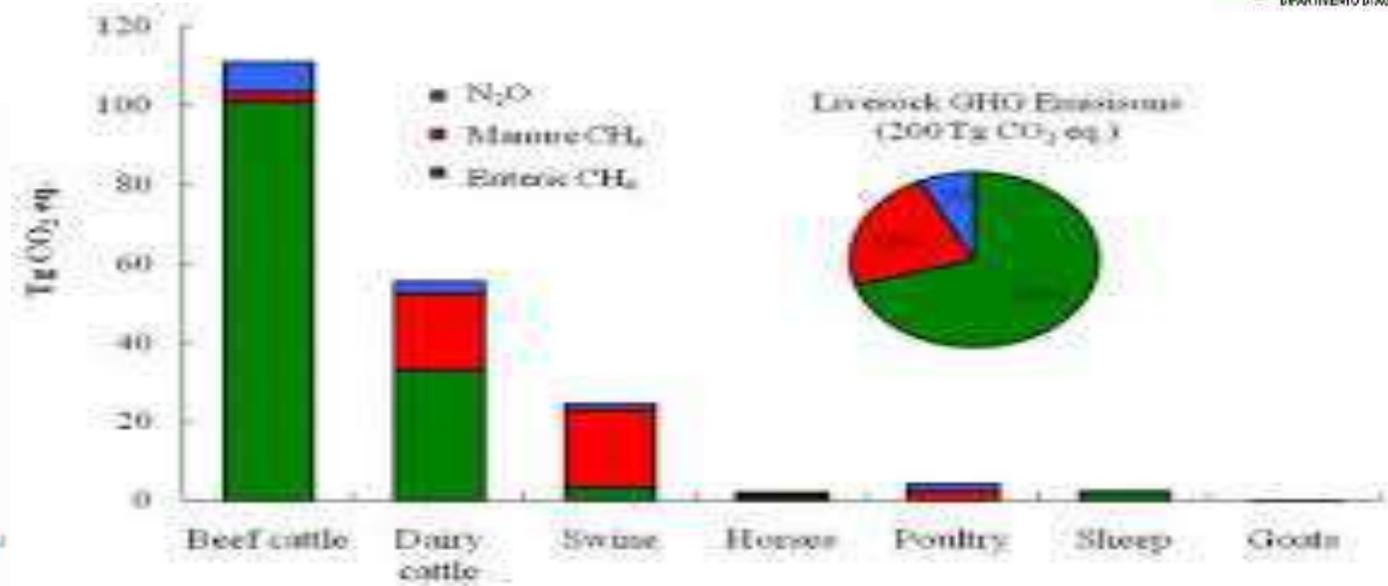
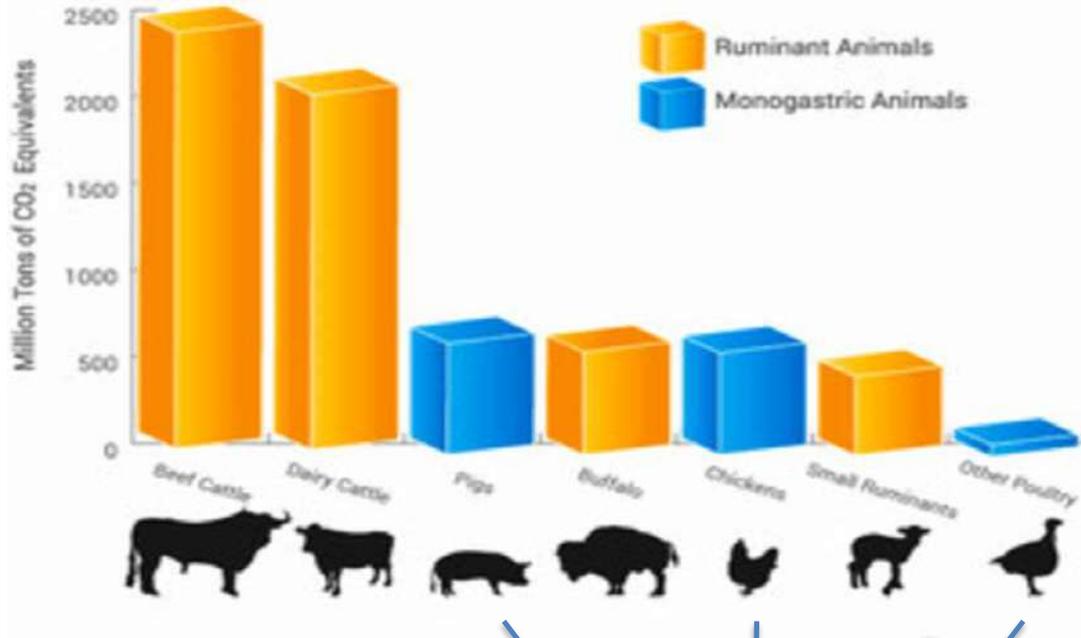
# Sfortunatamente l'allevamento animale è responsabile dei 2/3 di emissioni **non CO<sub>2</sub>** dell'agricoltura

Figure 2. Contribution of crops and livestock activities to total non-CO<sub>2</sub> emissions from agriculture in 2018 (5.3 Gt CO<sub>2</sub>eq)

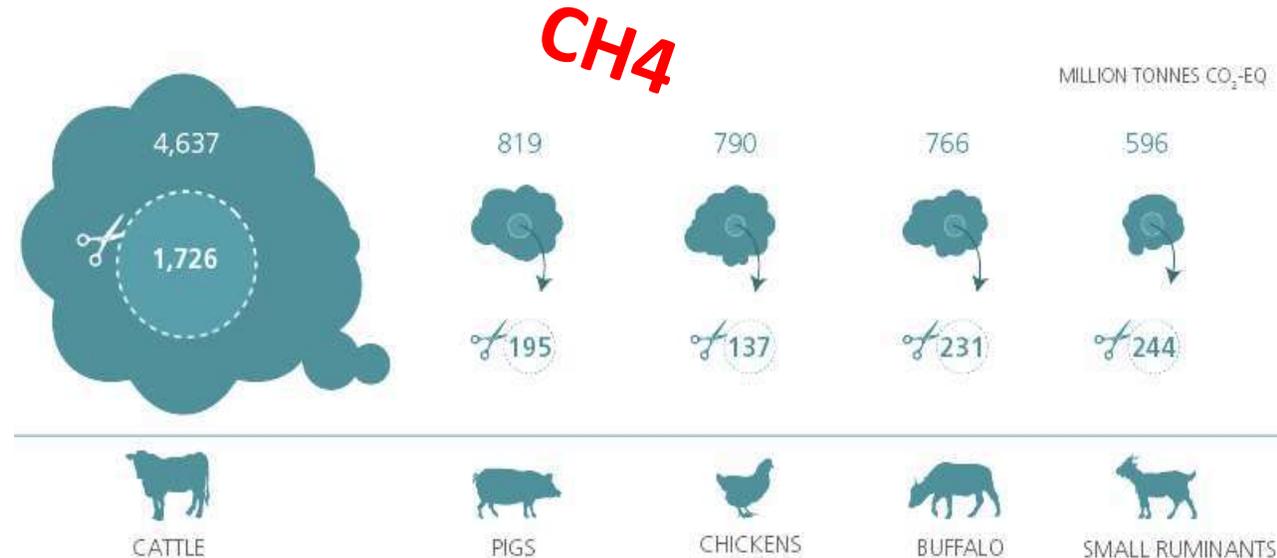


Source: FAOSTAT 2020.

# Allarme mondiale impatto allevamenti



Monogastrici, non mangiano foraggi,  
(food-feed competition)



# In 30 anni abbiamo ridotto di circa 1% per anno la CFP in EU e Italia

*Tabella 7 – Carbon footprint (CFP) per unità di proteina prodotta dai bovini in EU27 e Italia nel trentennio 1990-2020 e aumento dell'efficienza in % (elaborazione su dati FAOSTAT, 2023).*

CFP (kg proteina)	2020	1990	Efficienza (2020/1990)
IT	29,778	39,746	133%
EU	28,364	39,808	140%



# LE NUOVE METRICHE

ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE  
2023, VOL. 22, NO. 1, 125-135  
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2167616>



PAPER

OPEN ACCESS

## Recalculating the global warming impact of Italian livestock methane emissions with new metrics

Fabio Correddu, Mondina Francesca Lunesu, Maria Francesca Caratzu and Giuseppe

Dipartimento di Agraria, Università degli studi di Sassari, Sassari, Italy

### ABSTRACT

The warming impact of methane (CH<sub>4</sub>) emissions calculated using the metrics proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which measure its global warming potential in 100 years (GWP<sub>100</sub>) expressed as carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>e), accounts for the greatest impact in animal production chains. This work uses the new metrics, proposed to consider the difference between short living climate pollutants (SLCP), such as CH<sub>4</sub>, and long living climate pollutants (LLCP), such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), which measure the warming equivalent (we) effect relative to that of CO<sub>2</sub> in a given time frame (GWP\*) and expressed as CO<sub>2</sub>we. The GWP\* was applied to CH<sub>4</sub> emissions from all Italian livestock supply chains and compared with GWP<sub>100</sub> for annual and cumulative assessment from 2010 to 2020 of the impact of this gas on climate change. Using official data published by Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) from 1990 to 2020, almost all species, except for buffalo (+272.6% of emissions calculated with the new metrics), revealed lower CH<sub>4</sub> emissions with the greatest re-dimensioning for non-dairy cattle (-53786 kt of CO<sub>2</sub>we of calculated with GWP\* compared to +66437 kt of CO<sub>2</sub>e estimated with the GWP<sub>100</sub> method). The total cumulative contribution of Italian livestock production to global warming over the past 10 years, including the nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions, has been greatly negative (-48759 kt of CO<sub>2</sub>we) compared to the data calculated using the GWP<sub>100</sub> method (+206091 kt of CO<sub>2</sub>e). In conclusion, the application of GWP\* metric to CH<sub>4</sub> emissions of all Italian livestock supply chains allowed to better identify the role of Italian livestock on climate change. Over the 2010-2020 time frame, the Italian animal supply chains reduced the warming impact related to its CH<sub>4</sub> emission, with the ruminants (except buffaloes) being the major contributor to this positive effect.

### HIGHLIGHTS

- The application of GWP\* metric reduced the warming impact of CH<sub>4</sub> emissions of Italian dairy cattle, non-dairy cattle, sheep, goats, poultry and rabbits.
- The reduction of CH<sub>4</sub> emission from the major ruminant species is the major contributor to the positive effect on climate change detected over 2010-2020 time frame.
- The application of GWP\* metric to CH<sub>4</sub> emissions of all Italian livestock supply chains allowed to better identify the role of Italian livestock on climate change.

ART  
Rece  
Rev  
Acc  
  
KEY  
Met  
grea  
wan  
met

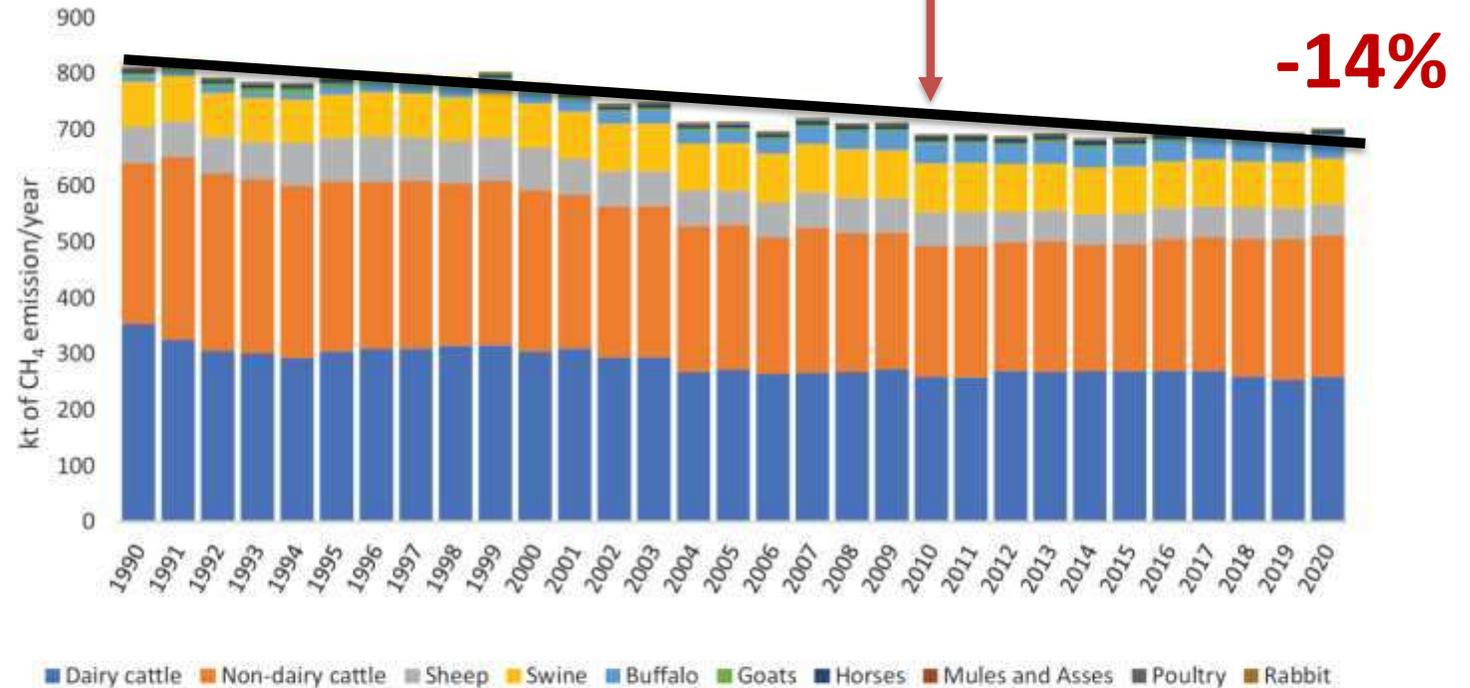


Figure 2. Livestock methane (CH<sub>4</sub>) emissions in kilotons (kt) from 1990 to 2020 (Romano et al. 2021) from International Panel on Climate Change (IPCC)'s emission category 'enteric fermentation' and 'manure management systems' (IPCC 2019).

# EMISSIONI DI METANO ENTERICO IN ITALIA METRICHE A CONFRONTO

$$E_{CO_2-e} = E \times GWP_H$$

(IPCC, 1990)

$$CH_4(CO_2e) = CH_4 \times GWP_H$$

**+206.091 Mln t CO<sub>2</sub>e**

$$GWP^* : CH_4(CO_2ew) =$$

(Cain et al., 2019)

$$E_{CO_2-ew} = GWP_H \times [r \times (\Delta E_{SLCP} / \Delta t) \times H + s \times E_{SLCP}]$$

**-48.759 Mln t CO<sub>2</sub>ew**

**18,7 Mln t/anno**

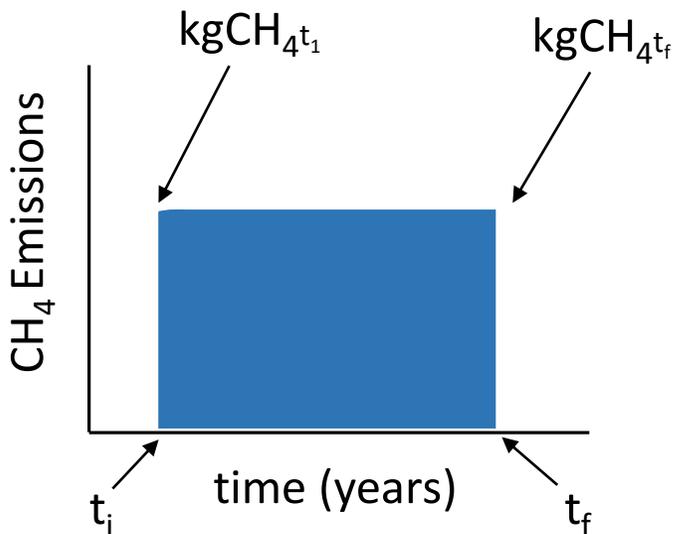
VS

**-4,4 Mln t /anno**



Compresa la CO<sub>2</sub>e da N<sub>2</sub>O

# Riduzione del metano: benefici con nuove metriche

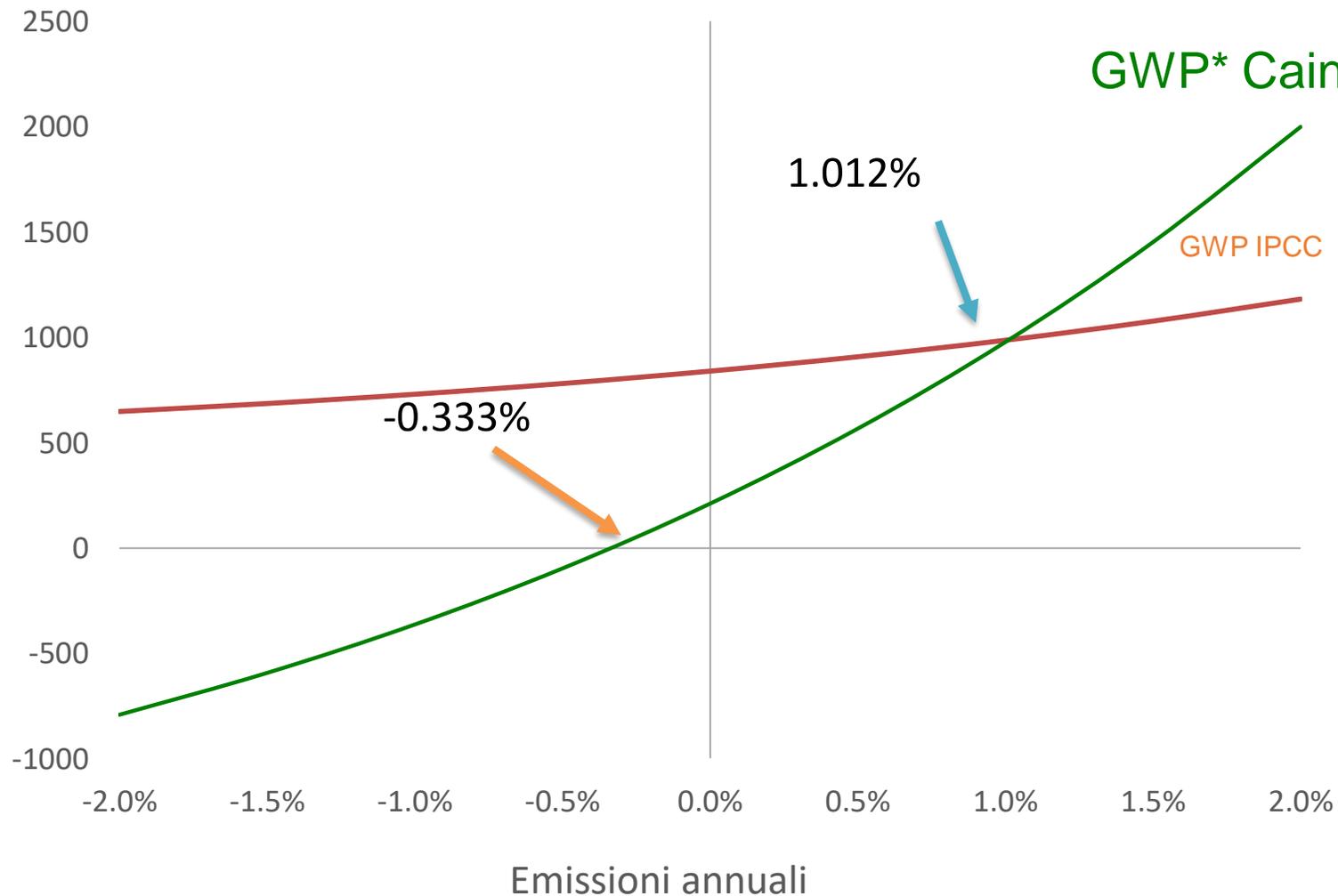


**Variazione emissioni**  
(-2 a +2%)  
in **30 years**,

**Raffreddamento!**

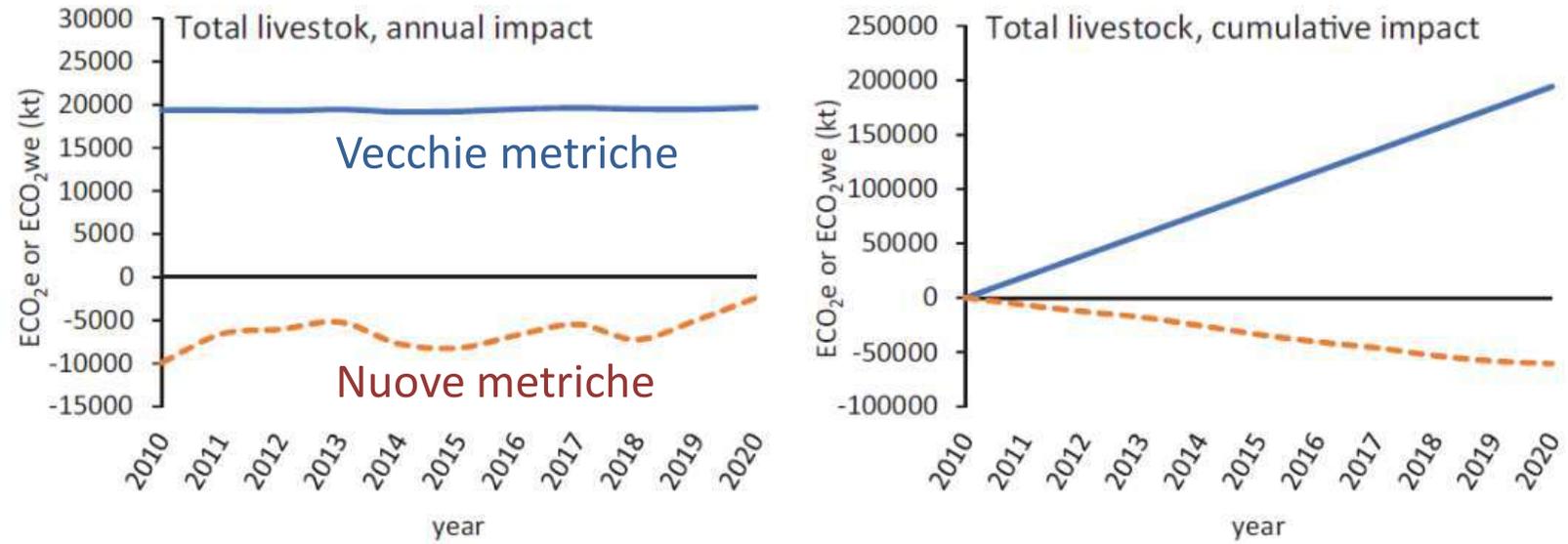
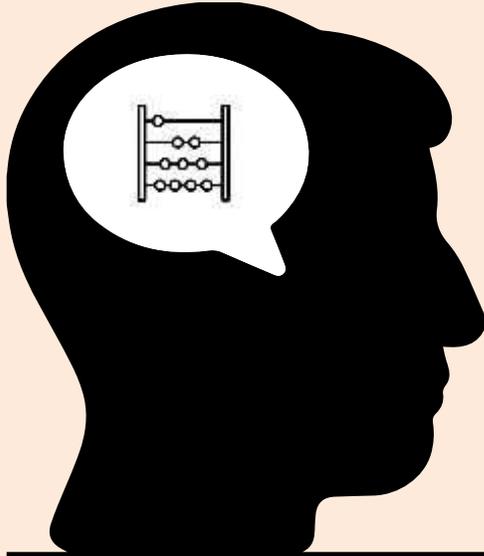
(Cain et al., 2019)

Accumulo CO<sub>2</sub> in 30 anni



Adapted from R. A. Cady, 2020, with recalculated value; CORTESIA PROF. PULINA

## LE NUOVE METRICHE

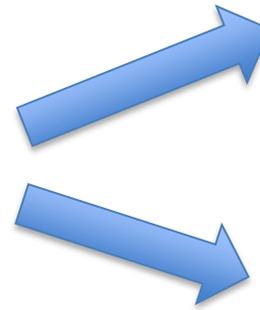


**Figure 7.** Total methane (CH<sub>4</sub>) climate impact of Italian livestock (dairy cattle, non-dairy cattle, buffalo, sheep, goat, swine, horses, mule and asses, poultry, rabbits) from 2010 to 2020. Annual (left panel) and cumulative (right panel) methane emissions estimated as CO<sub>2</sub> equivalents (ECO<sub>2</sub>e; blue solid lines) using the global warming potential (GWP), and as CO<sub>2</sub> warming equivalents (ECO<sub>2</sub>we; orange dotted lines), calculated by global warming potential star (GWP\*).

# 3. Sostenibilità globale: Impatti e Ruoli



# Azienda agro-zootecnica e servizi ecosistemici: quali?



**Approvvigionamento:**  
latte, carne, legname,  
alimenti vari

**Cultura e Benessere:**

- ✓ Occupazione
- ✓ Cultura materiale
- ✓ Reddito
- ✓ Servizi vari

**Regolazione:**

- ✓ regimazione acque,
- ✓ prevenzione incendi,
- ✓ controllo fauna selvatica,
- ✓ gestione forestale,
- ✓ bosco-seminativi,
- ✓ sostanza organica e suolo,
- ✓ biodiversità
- ✓ viabilità rurale

**Supporto:**

- ✓ Ciclo dei nutrienti,
- ✓ Carbonio, Azoto, Acqua

**Disservizi:**

Consumo risorse  
Impatto ambientale (CO<sub>2</sub>, etc)



# Il settore rispetto a ruoli delle aziende (visione estremamente semplificata)



**Multifunzionale**



**Altamente Specializzato**



30% del latte

60-70%  
aziende

20-30%  
aziende

70% del latte

**Semi-estensivo**

Livello produttivo delle aziende  
Litri per capo

**Intensivo**

## **Ruolo Ecosistemico**

Regolazione ambientale e sociale  
Sequestro carbonio  
Aree rurali

## **Ruolo Ecosistemico**

Produrre alimenti per mercato  
Redditività da latte

**Il ruolo delle aziende non è solo produrre latte in maniera efficiente  
Servizi ecosistemici diffusi compensano la minore efficienza**

# Ruoli verso piani ambientali territoriali



## **Sistemi multifunzionali** valorizzati per

### **ruolo effettivo (non presunto) nel territorio**

#### **consapevolezza del ruolo assunto:**

- sequestro carbonio (certificato di carbonio?)
  - *tutela territorio, prevenzione incendi*
  - *acqua, paesaggio e biodiversità*
  - *socio-economico e popolamento*
  - *cultura materiale e immateriale*

**Chi? piccole aziende, aree geografiche? condizioni di allevamento limitanti, funzionali al turismo? mercati esteri di nicchia?**



## **Sistemi specializzati** votati a

### **produzione efficiente di latte** **a bassa emissione e alta qualità**

- *potenziale produttivo elevato*
- *standard di gestione competitivo*
  - *standard qualitativi elevati*
  - *filiere controllata*
- *programmazione conferimento*

**Indicatori di efficienza produttiva, certificazioni qualità (ESG) espansione mercati formaggi internazionali**

# Priorità degli obiettivi di sostenibilità nelle filiere agro-alimentari

## Rilevanza crescente per i consumatori ed i legislatori

1. Individuare **metodi di valutazione** dell'impatto ambientale dei prodotti alimentari ;
2. identificare idonei **strumenti di comunicazione ai consumatori** (comunicazione ambientale volontaria);
3. Promuovere il **miglioramento continuo** delle performance ambientali



# 4. Sostenibilità aziendale: perché?

Coscienza ambientale?

Vantaggio tecnico e di immagine?

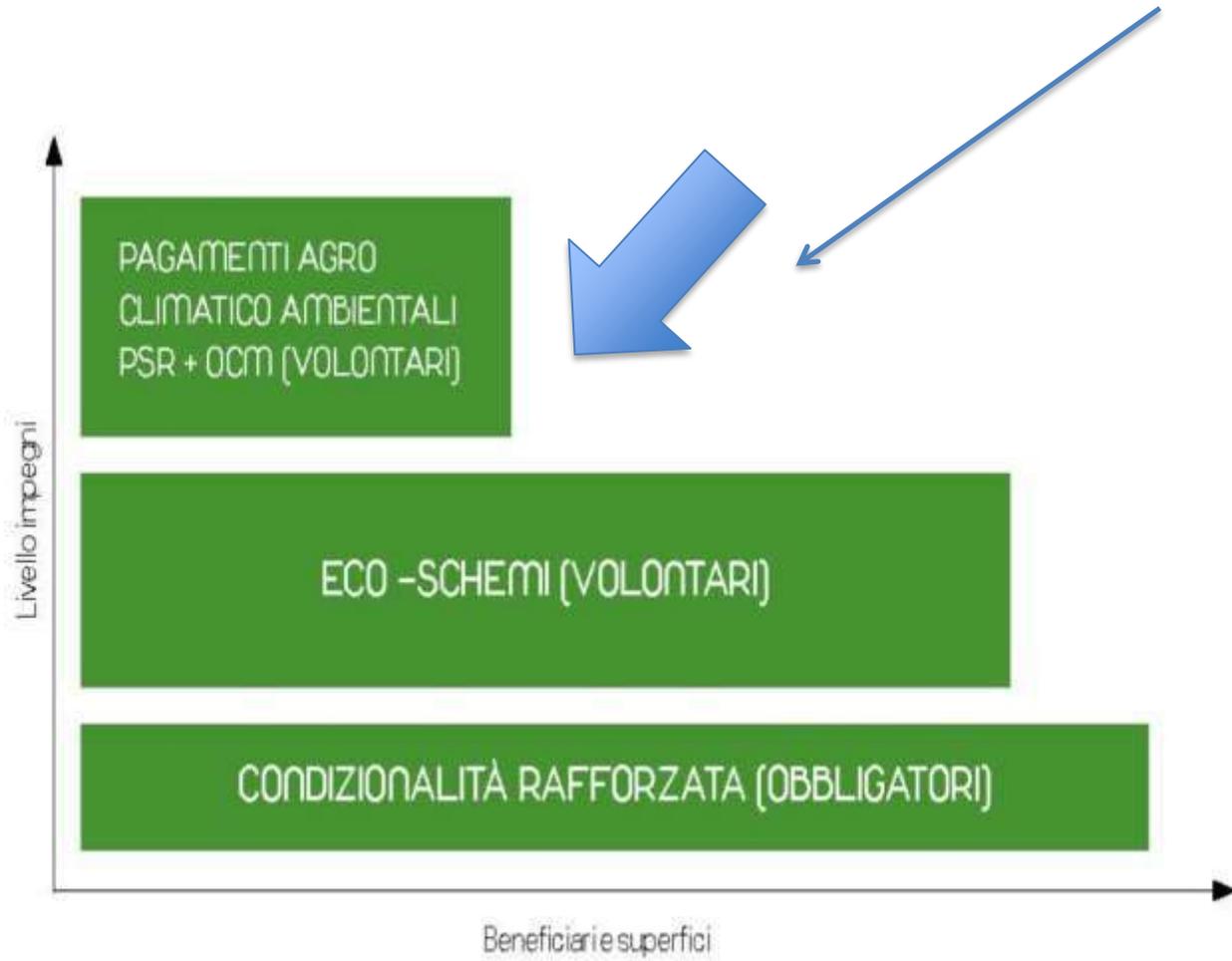
Convenienza aziendale o globale?

Opportunità?



Come misurare? Perché e come ridurre gli impatti?

# Impatti (quantificabili e riconosciuti?)



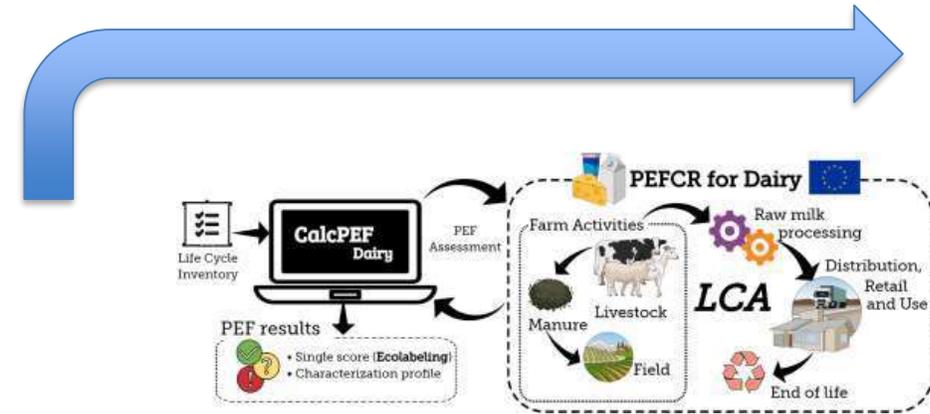
Mappare e quantificare!

# 4.1 Come li misuriamo: Life Cycle Assessment

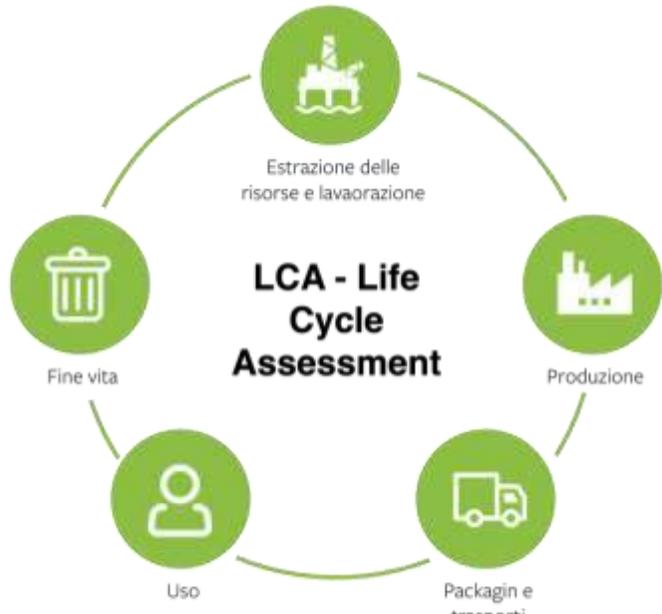
Ecological footprint



Wackernagel, 1996  
Kitzes et al., 2008



PEF-CR DAIRY



LCA: Norme ISO: 14040; 14044; 14025; 14067, → PEF

# Diagramma concettuale del calcolo LCA



+ [??]



+ [??]



Farm inputs

Farm production process

Dairy processing, distribution, market, end of life

Feed production



Animal emissions (enteric, manure)



Energy and fuel



Cheese production to consumer end use



Industrial production (energy, fertiliz.)



Trasportation Energy, Fuel, Plastics



Carbon footprint

$\text{Kg of CO}_2$

$\text{Kg of product}$

Impatto per kg di prodotto



**LCA Completo:** dalla culla alla tomba (from cradle to gradle), incude tutto il processo produttivo, dalla produzione dei fattori di produzione allo smaltimento dei rifiuti.

**Parziale:** dalla culla al cancello aziendale (zootecnico, caseificio, etc)

Life Cycle Costing (LCC)

Economico: €/kg of CO<sub>2</sub>, €/kg of Milk

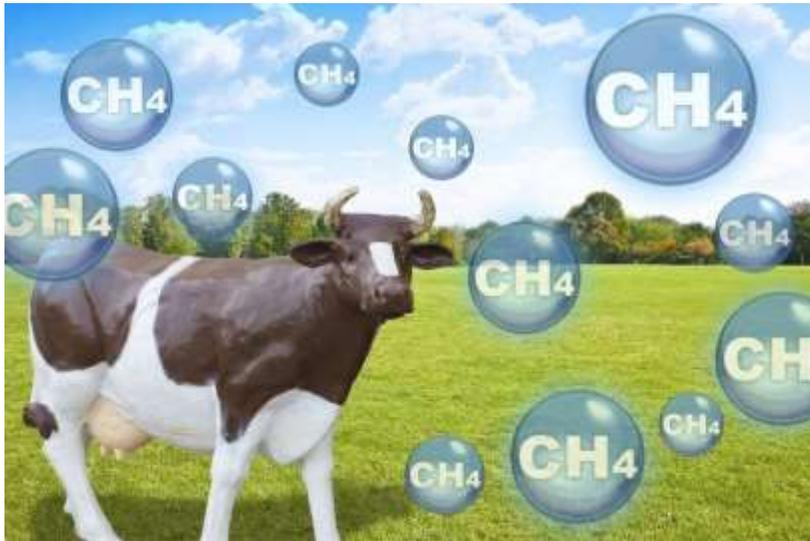
# 4. Sostenibilità aziendale

Come si genera l'impatto in queste fasi?



Da dove vengono gli impatti?

# ANIMALI: metano enterico (Moss, 2002)



95% del metano totale  
di allevamento

35-60% delle emissioni

Eliminazione del metano è una esigenza fisiologica del ruminante

Mantenimento della capacità digestiva del ruminale

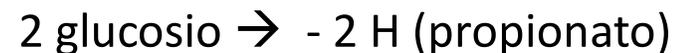
Perdita energetica (dal 5 al 10% dell'energia lorda; media 6.5%)

**Foraggi** → nella trasformazione a AGV determinano eccesso di Idrogeno (H) nel rumine che viene eliminato con la formazione di metano (CH<sub>4</sub>) poi eruttato



Opera dei batteri metanogeni

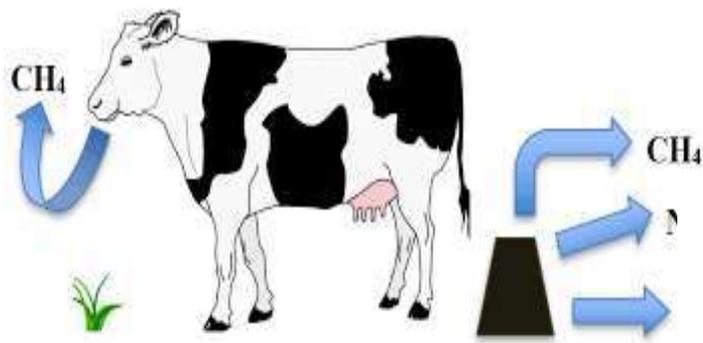
**Concentrati** → nella trasformazione a AGV determinano leggero consumo di idrogeno e riducono la produzione di metano (mitigazione non sostenibile)



# Da dove derivano gli impatti

## ANIMALI

**CH<sub>4</sub>**



**GWP 1 CH<sub>4</sub> = 28 CO<sub>2</sub>eq**

**GWP\* ...coming soon!**

Biogenico e non biogenico...

GWP, Global warming potential

## FERMENTAZIONE REFLUI

**CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (anche da NH<sub>3</sub>)**

**Volatiliz di gas, nitrif., denitrif.**



## PRODUZIONE ALIMENTI

**Combustibili fossili, SINK C**

**CO<sub>2</sub>**



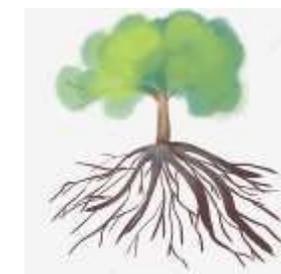
## Concimi

**N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>**



**1 CO<sub>2</sub> = 1 CO<sub>2</sub>eq**

**1 N<sub>2</sub>O = 267 CO<sub>2</sub>eq**



**(IPCC, 2021)**

# ALIMENTI ACQUISTATI (7-35% delle emissioni)

Ad ogni alimento acquistato corrisponde un valore di emissione che dipende

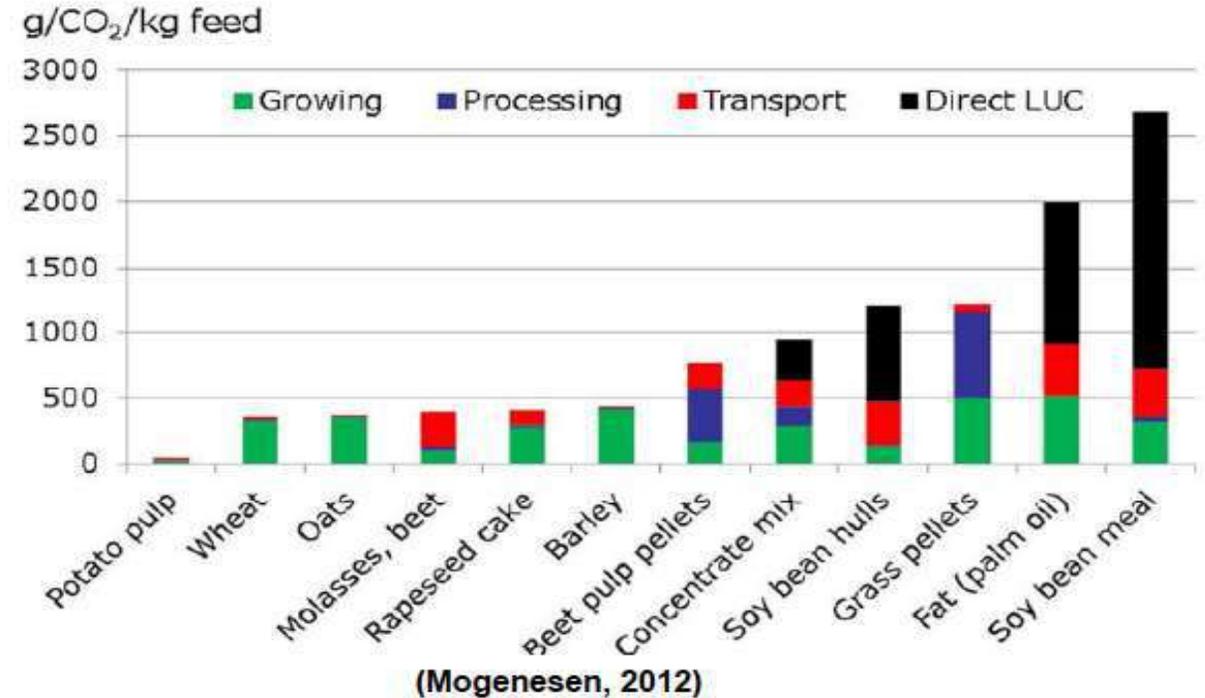
- Dal sistema di produzione
- Alimento e coltivazione (input, resa)
- Processo di lavorazione
- Dalla zona di produzione (Trasporto)

## Importante la provenienza degli alimenti

- **Locale impatto simile a quello aziendale**
- **Importato**

Emissioni alimenti acquistati

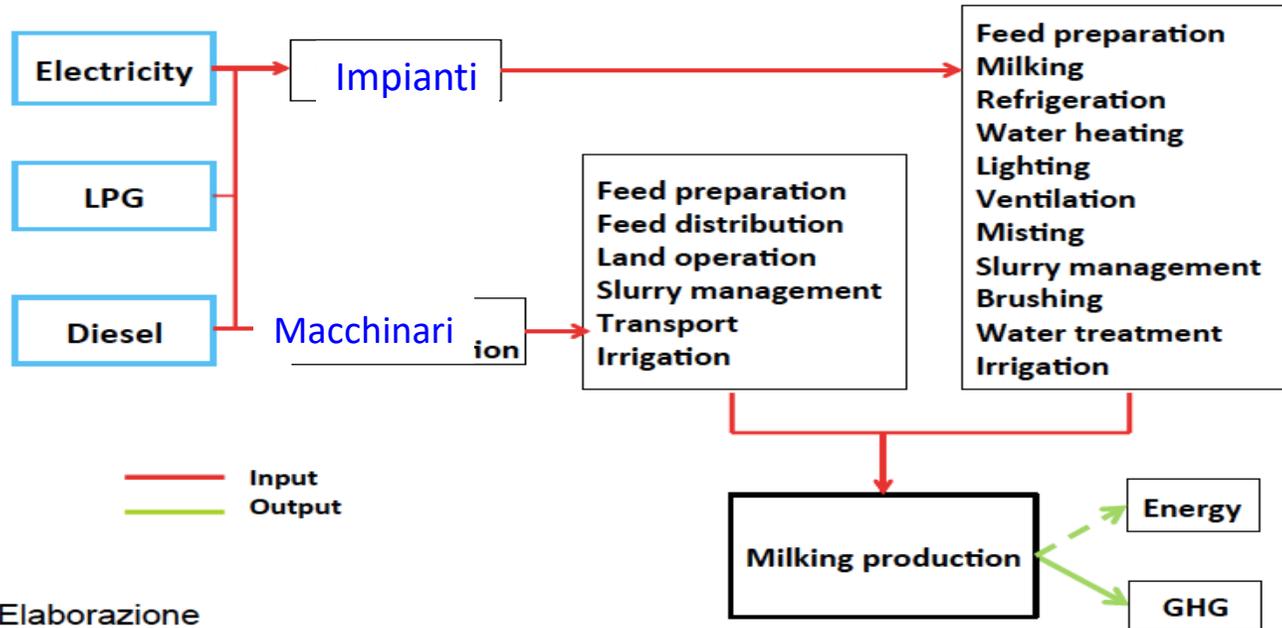
ES: **1000 kg di soia = 2000-2700 kg CO<sub>2</sub> attribuiti al sistema**



Farina di mais locale: 0,5 kg di CO<sub>2</sub>  
Granella proteica locale: 0,4 kg di CO<sub>2</sub>

Soia importata 2,67 kg di CO<sub>2</sub>  
Soia Italiana 2.05 kg di CO<sub>2</sub>  
Mangime commerciale: 0,8 kg di CO<sub>2</sub>

# Processi Energivori: emissioni di CO2



Elaborazione  
Dott. Giuseppe Todde

## Importante rilevare i consumi

- Bollette scarichi di gasolio (totale consumi)
- Audit energetico (macchine x kWh x tempi di utilizzo)

Alberto Atzori UNISS PADERNENGO 2024

Consumo



Produzione



- 0.44 kg di CO<sub>2</sub>/kWh elettrici (ISPRA, 2011);
- 3.54 kg di CO<sub>2</sub>/kg per i consumi di gasolio,
  - 3.15 combustione (ISPRA, 2011)
  - 0.39 produzione (Rotz et al., 2010);
- 1.50 kg di CO<sub>2</sub>/kg di GPL (ISPRA, 2011);
- 0.38 per energie alternative (ISPRA, 2011).

# Altre fonti di emissione

Spesso trascurate perché minime nel processo (< 1% del totale)

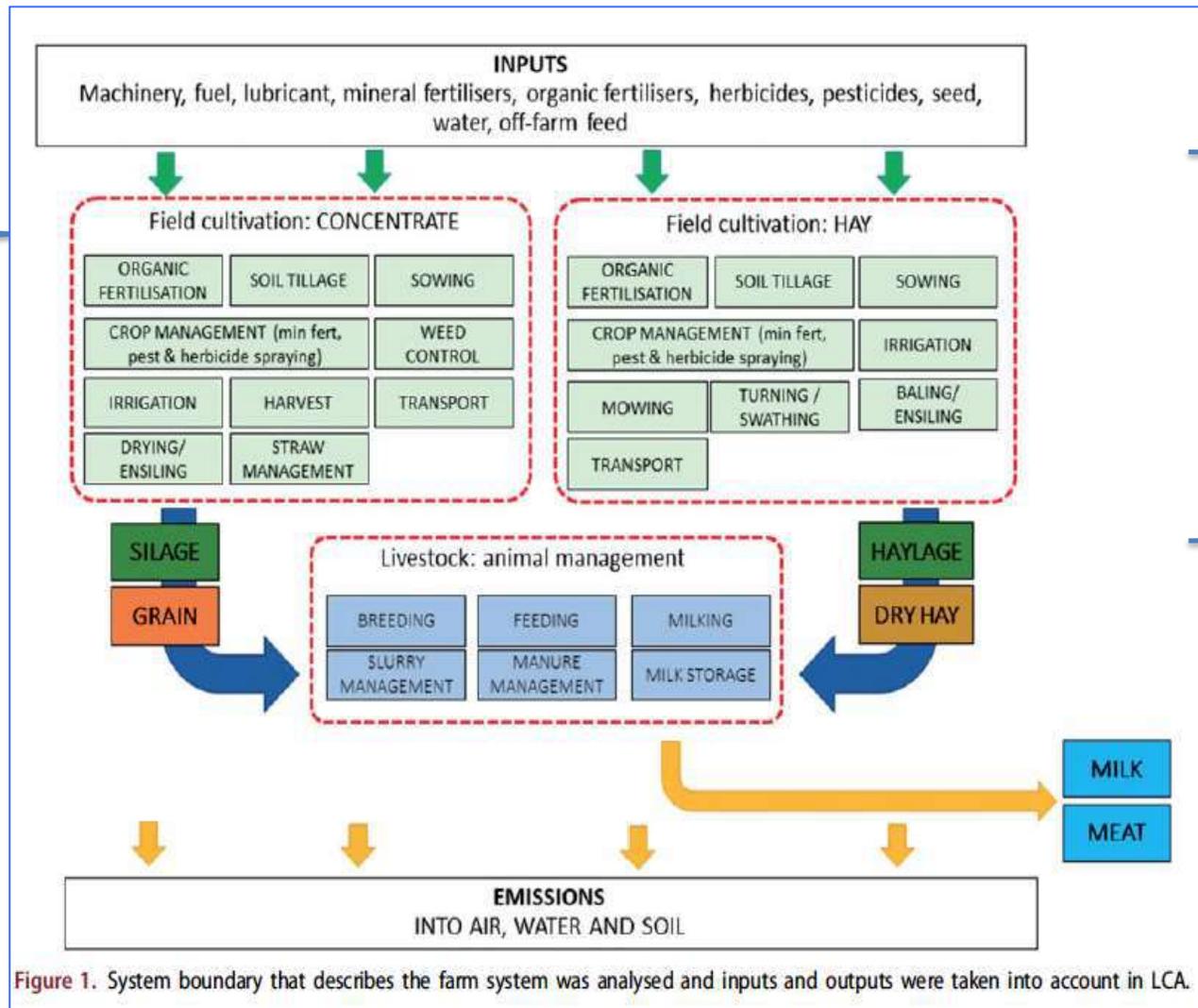
- **Macchinari** (importanti per uso risorse, energia e altri impatti)
- **Strutture** (importanti per uso risorse, suolo e altri impatti)
- **Plastica** (importante per altri impatti oltre gas serra, microplastiche)
- **Farmaci** (importanti per tossicità sull'uomo)

# Rilevamento dati e calcolo delle emissioni

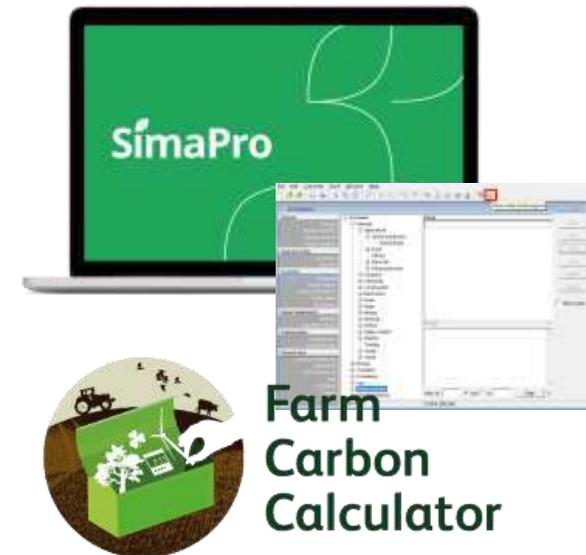
Questionario aziendale  
o raccolta dati



Lovarelli et al., 2019



Ingegnerizzazione  
e calcolo  
su base aziendale



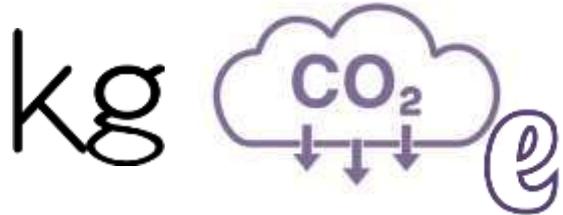


# ISO: quantificazione e comunicazione

- **ISO 14040:2006** (Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento): quadro generale, le pratiche, le applicazioni e le limitazioni;
- **ISO 14044:2006** (Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida): le linee guida per la fase di valutazione dell'impatto
- **ISO 14067**: si occupa della sola categoria di impatto "**climate change**" (cambiamento climatico).
- **ISO 14020:2000** Etichette e dichiarazioni ambientali — Principi generali;
- **ISO 14021:2016** Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II);
- **ISO 14025:2006** Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure;
- **PEF-CR: Product Environmental Footprint**, linee guida per approcci comparabili e certificabili (2.0; 3.0 → 3.1)



# La Carbon Footprint (CFP) = CO<sub>2</sub>e Totale/Unità Funzionale



kg di CO<sub>2</sub>e per

1. kg di prodotto edibile (FPCM)
2. 1000 kcal di prodotto edibile
3. kg di proteina
4. kg di proteina digeribile
5. kg di proteina corretta per il fattore DIAAs
6. (per ha; per kg di peso vivo venduto, ecc)

kg

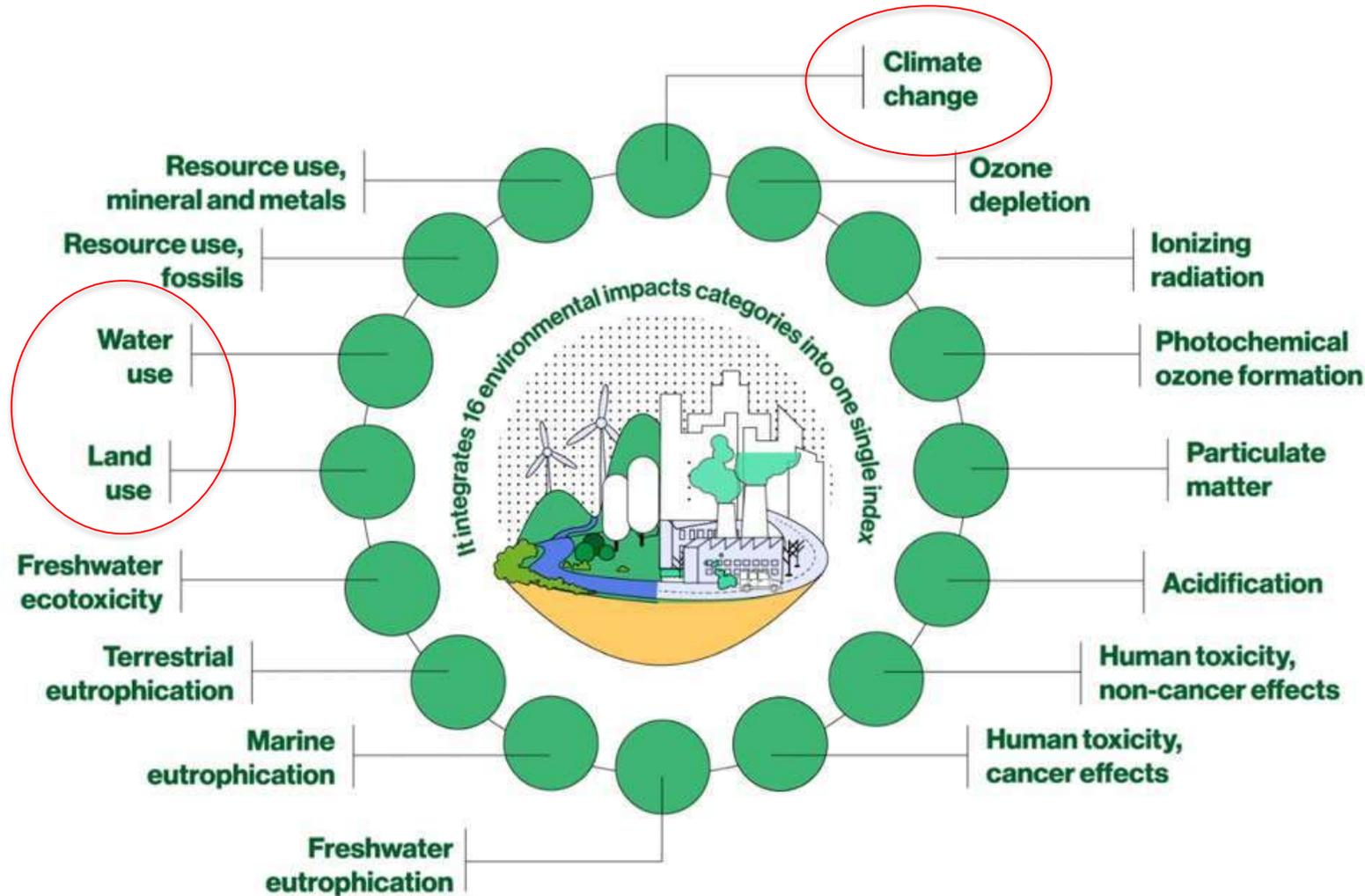
---

kg

= CFP



# ALTRE CATEGORIE DI IMPATTO VALUTABILI



Categorie di impatto ambientale	Unità di misura
Cambio climatico	kg di CO <sub>2</sub> equivalenti
Eutrofizzazione delle acque dolci	kg di P equivalenti
Formazione di particolato	kg di PM <sub>10</sub> equivalenti
Eutrofizzazione marina	kg di N equivalenti
Eco tossicità marina	kg di 1,4-diclorobenzene
Eco tossicità terrestre	kg di 1,4-diclorobenzene
Tossicità umana	kg di 1,4-diclorobenzene
Eco tossicità delle acque dolci	kg di 1,4-diclorobenzene
Acidificazione terrestre	kg di SO <sub>2</sub> equivalenti
Riduzione dell'ozono	kg di CFC-11 equivalenti
Formazione di ossidanti fotochimici	kg di NMVOC
Riduzione delle risorse fossili	kg di Petrolio equivalenti
Radiazioni ionizzanti	kg di U235 equivalenti
Riduzione delle risorse minerarie	kg di Fe equivalenti
Trasformazione di terreno naturale	m <sup>2</sup>
Occupazione di terreno agricolo	m <sup>2</sup> a
Consumo delle acque	m <sup>3</sup>
Occupazione di terreno urbano	m <sup>2</sup> a

# Certificazioni ambientali

Includono diverse categorie in base:

- Obiettivi
- Ambiti di applicazione
- Processo di calcolo
- Valutazione e verifica

Suddivise in tre tipologie:



## Certificazioni di Tipo I – ISO 14024:

- **Assegnate** da organizzazioni indipendenti
- **Riconosciute** a livello internazionale
- **Sviluppate su base scientifica**
- **Copertura** di diversi settori
- **Attribuzione** del marchio ecologico a prodotti o servizi che soddisfano criteri specifici di sostenibilità (**Ecolabel Ue**)

## Certificazioni di Tipo II – ISO 14021:

- **Auto-dichiarazioni** ambientali fatte dai produttori o dai fornitori
- **Rispetto** dei requisiti su contenuti e modalità di diffusione delle informazioni
- **Inclusione** di etichette e slogan ecologici
- **Contribuiscono** all'informazione dei consumatori
- **Risultano** meno affidabili delle certificazioni di tipo I (**Self-declared environmental claims**).

## Certificazioni di Tipo III – ISO 14025:

- **Forniscono** informazioni dettagliate e trasparenti sull'impatto ambientale di un prodotto o servizio
- **Environmental product declarations (EPD)** e la **Product environmental footprint (PEF)**
- **Basate** sull'applicazione della metodica **LCA**

# Certificazioni ambientali di tipo III

**Norma ISO 14067** Stabilisce principi, requisiti e le direttive per

- **Stima, Comunicazione, Riduzione** dell'impronta di carbonio (Carbon footprint) di un prodotto o servizio

**Norma ISO 14046** Stabilisce

- **Gestione** sostenibile delle risorse idriche, **Riduzione** Water footprint e strategie



**La Product environmental footprint (PEF) Guida**

- **Calcolo, Valutazione, Convalida** da parte di terze parti, **Comunicazione** dell'impronta ambientale dei prodotti e dei servizi basandosi sull'LCA con Requisiti metodologici specifici per diverse categorie di prodotti **Product environmental footprint category rules (PEFCR)**



- **Certificazione italiana** di impronta ambientale dei prodotti
- **Matrice istituzionale** e di **natura pubblica**, basata sulla metodologia europea **PEF**
- **Dichiara** l'impegno italiano verso la sostenibilità
- **Promuove** i prodotti italiani con elevate prestazioni ambientali
- **Combina** le prestazioni ambientali dei prodotti con l'etichetta "Made in Italy"

**EPD**<sup>®</sup>

- **ISO 14020** e (LCA)

**Dichiarazione ambientale di prodotto (Environmental product declaration o EPD)**

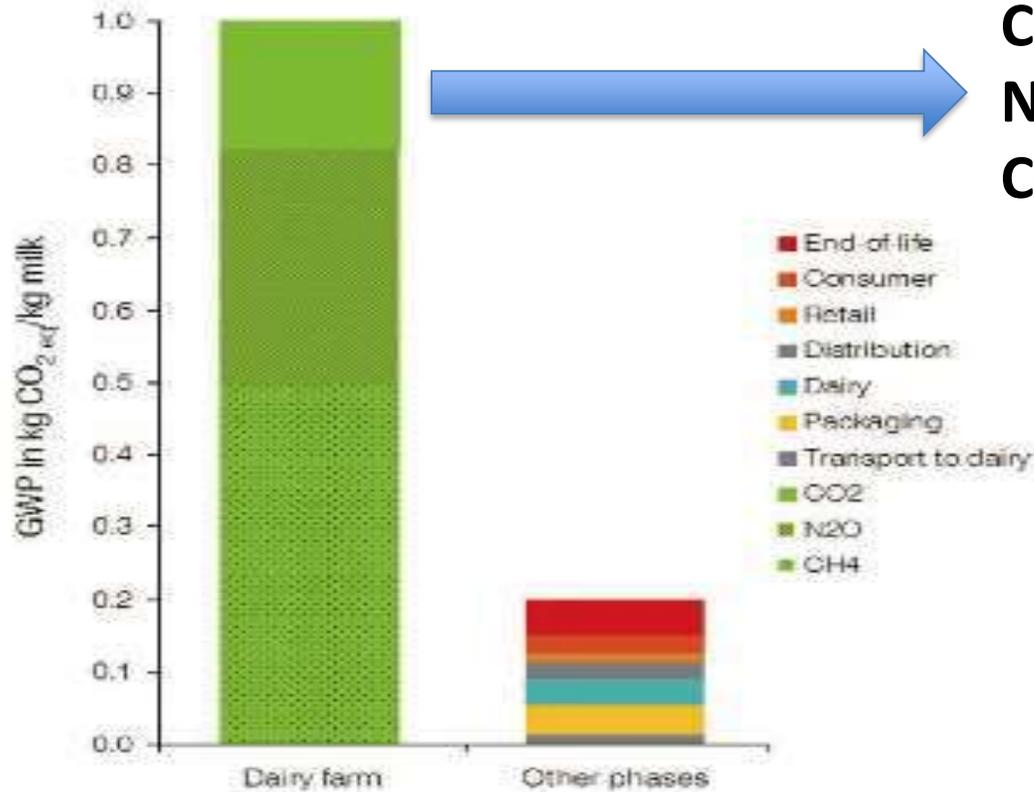
# 4. Sostenibilità aziendale

Quanto valgono gli impatti?

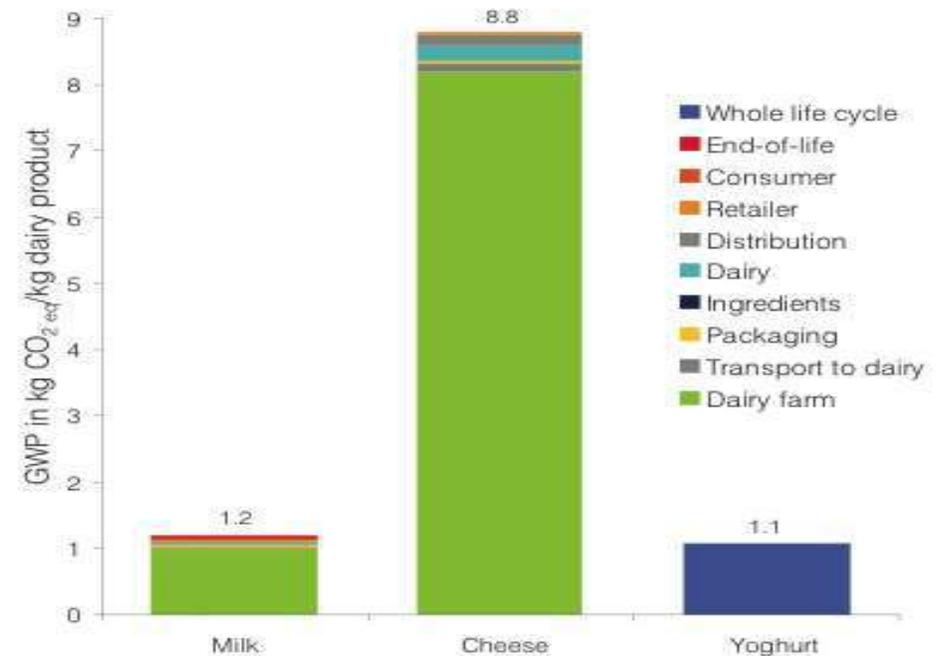


Come si genera l'impatto?

# Quanto vale l'impatto della filiera latte bovino (80% stalla, 20% trasformazione)



**CH<sub>4</sub> = 45-60%**  
**N<sub>2</sub>O = 25-35%**  
**CO<sub>2</sub> = 10-25%**



# Quanto vale l'impatto in stalla e come si divide



ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE  
2019, VOL. 18, NO. 1, 1035–1048  
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1611389>



PAPER

OPEN ACCESS

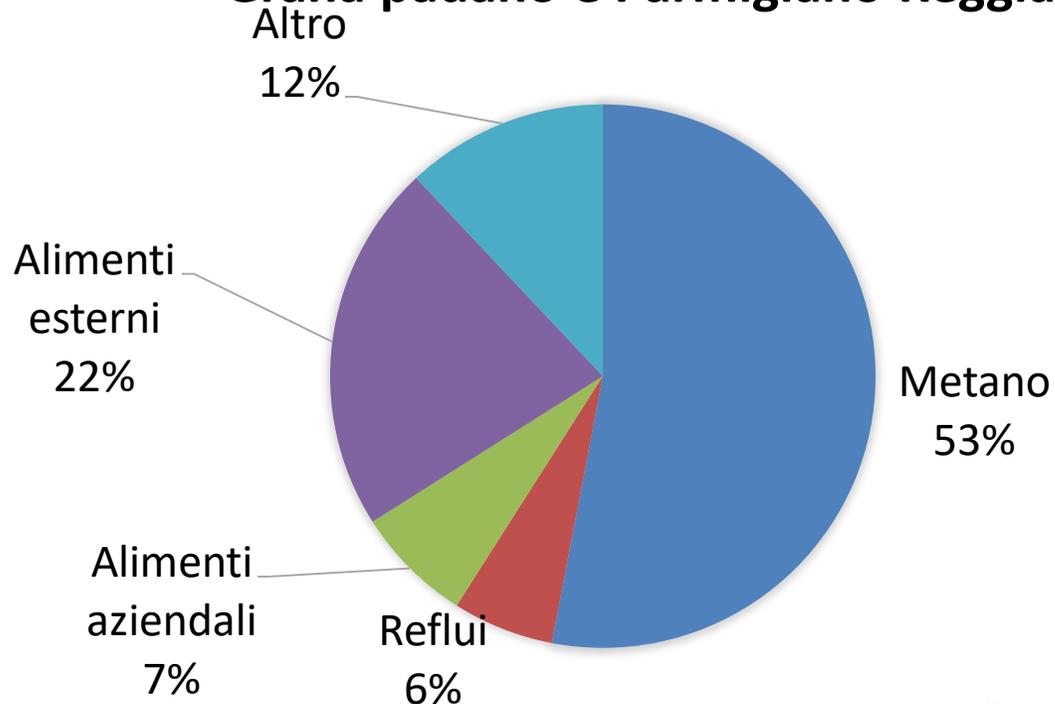
## Improvements to dairy farms for environmental sustainability in Grana Padano and Parmigiano Reggiano production systems

Daniela Lovarelli, Luciana Bava , Maddalena Zucali , Giuliana D'Imporzano, Fabrizio Adani, Alberto Tamburini and Anna Sandrucci

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano, Milan, Italy

### Lovarelli et al. 84 aziende

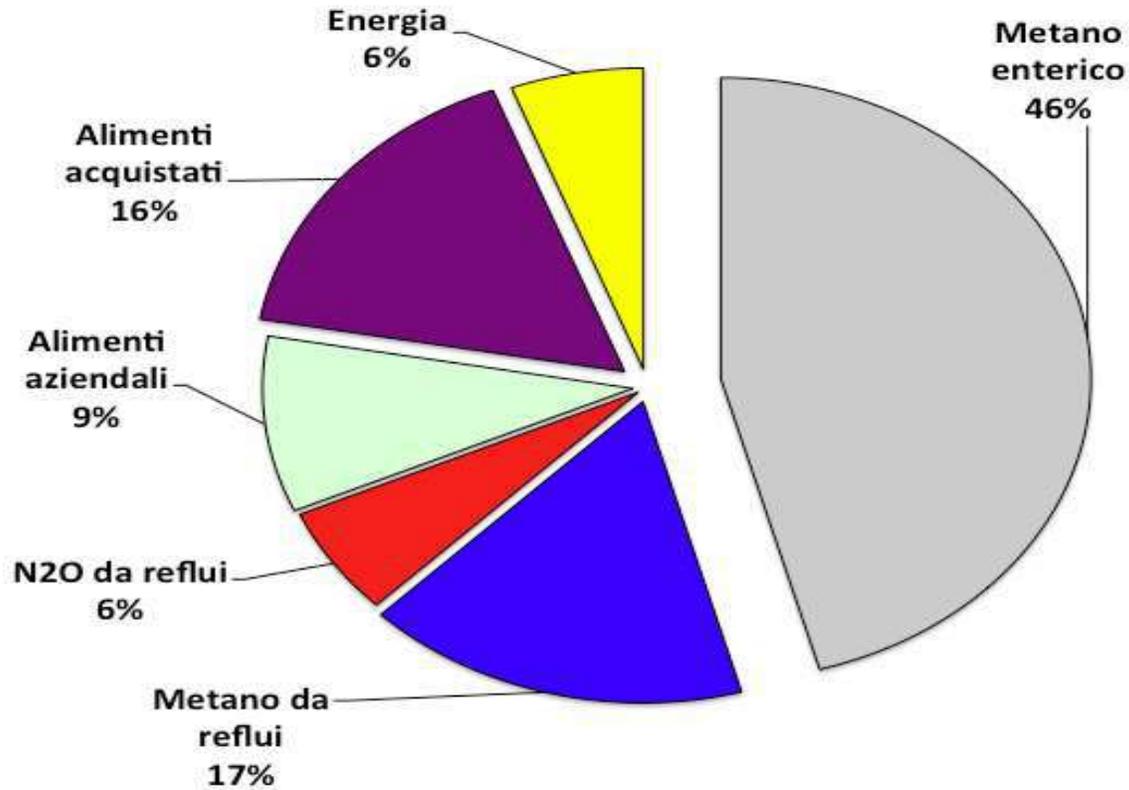
### Grana padano e Parmigiano Reggiano



	<u>Dairy 1 GP</u>	<u>Dairy 2 GP</u>	<u>Dairy 3 GP</u>	<u>Dairy 4 GP</u>
Unit	Mean	Mean	Mean	Mean
kg CO <sub>2</sub> eq	1.33	1.604	1.381	1.31

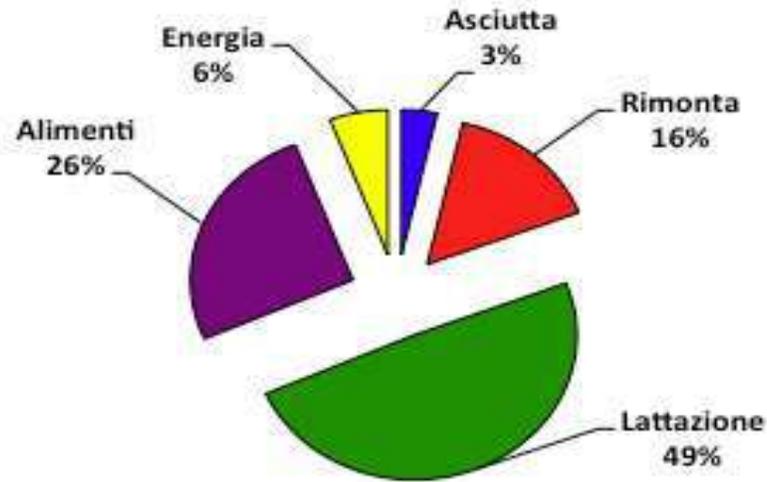
	<u>Dairy 1 PR</u>	<u>Dairy 2 PR</u>	<u>Dairy 3 PR</u>	<u>Dairy 4 PR</u>
Unit	Mean	Mean	Mean	Mean
kg CO <sub>2</sub> eq	1.376	1.579	1.388	1.513

# Emissioni Arborea



Atzori et al., 2013; 2023

<b>Stalle</b>	<b>72</b>
<b>Carbon footprint (CFP)</b> media del campione, kg CO <sub>2</sub> eq/kg di latte	<b>1.36</b> <b>(4.5 – 1.02)</b>



Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024



# Due opzioni principali per la sostenibilità (ambientale) aziendale di agricoltura e allevamento

## Mitigazione

Degli impatti  
per riduzione  
cambio  
climatico



## Adattamento al cambio climatico

## 4. Sostenibilità aziendale:

Mitigazione degli impatti?

---



# Mitigazione

**Mitigazione:** riduzione dell'impatto della **zootecnia** → **ambiente**

es: cambio climatico, buone pratiche di allevamento mirate al miglioramento della efficienza produttiva e della riduzione delle emissioni di gas serra .

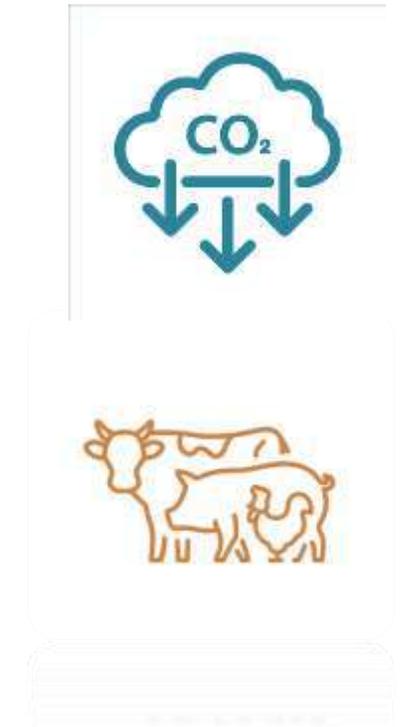
## Protocolli ambientali:

buone pratiche che migliorano la produttività con elevato beneficio ambientale

- a. Riduzione diretta (soprattutto Metano!)
- b. La via dell'efficienza
- c. Il sequestro del carbonio



# a) La riduzione diretta delle emissioni



# Mitigazione diretta: Alimentazione



J. Dairy Sci. 97:3231–3261

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7234>

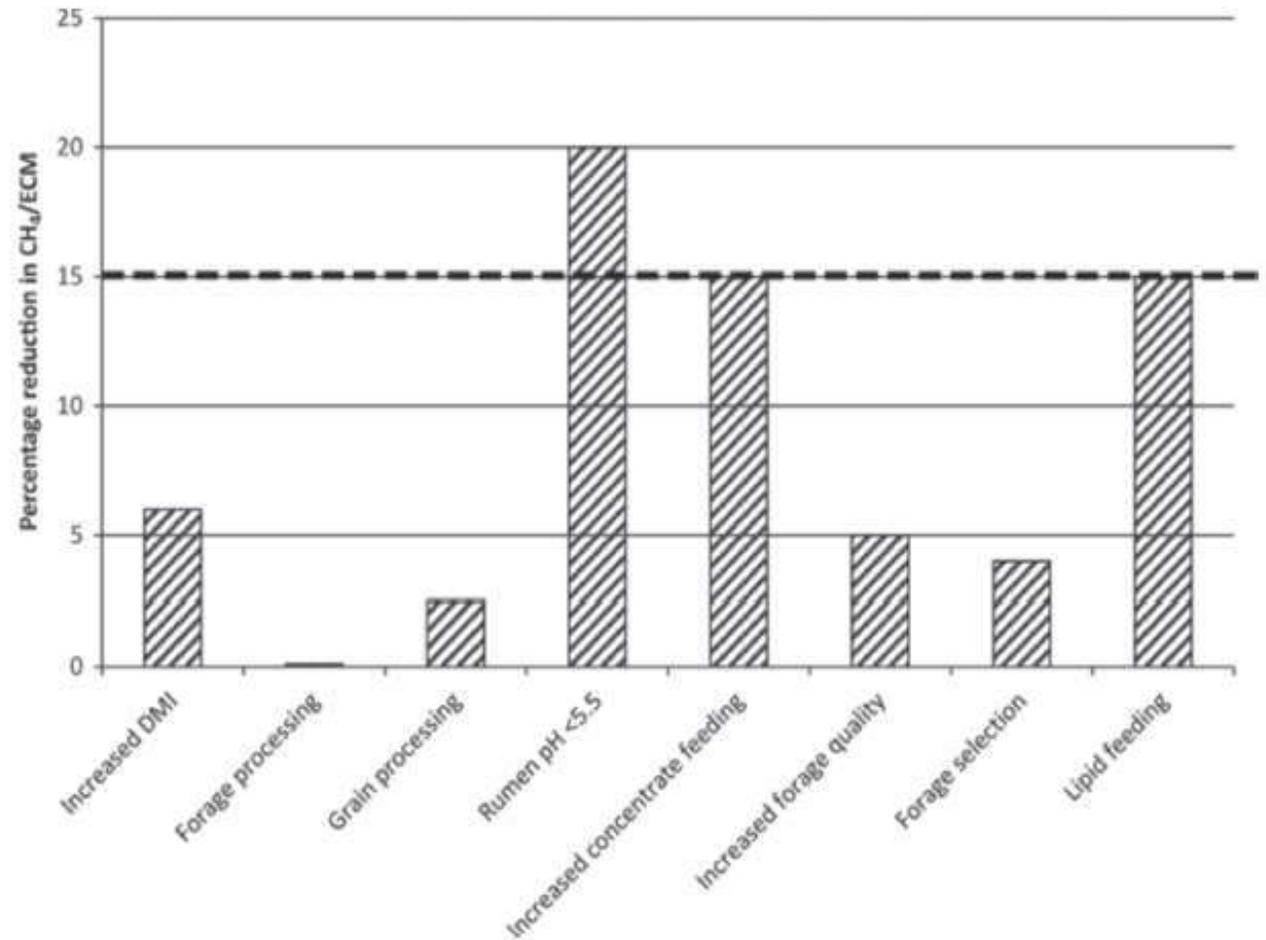
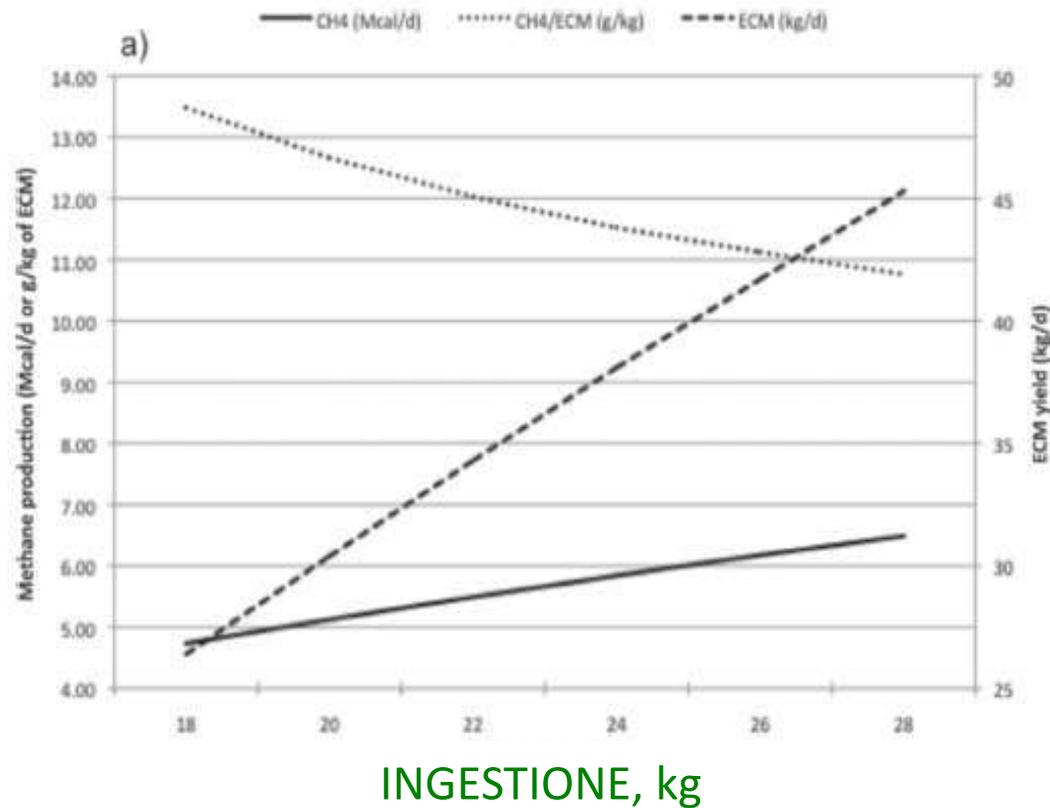
© American Dairy Science Association®, 2014. Open access under [CC BY-NC-ND license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

## Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions

J. R. Knapp,<sup>\*1</sup> G. L. Laur,<sup>†</sup> P. A. Vadas,<sup>‡</sup> W. P. Weiss,<sup>§</sup> and J. M. Tricarico<sup>#</sup>

Metano/kg latte

Metano/kg latte



# Mitigazione diretta: Additivi



## Nei ruminanti

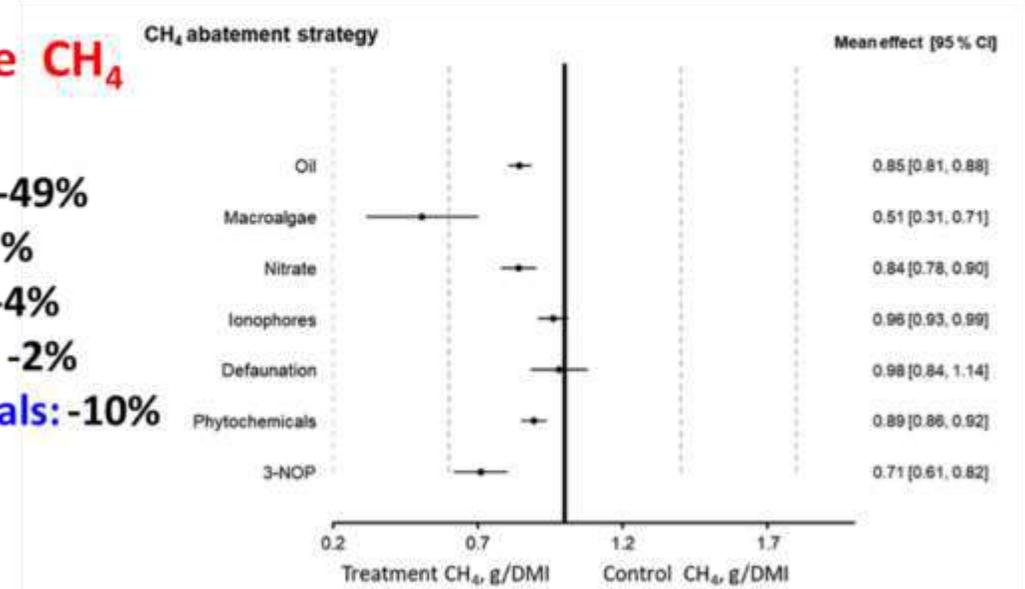
### Additives

- **108 papers** (dal 2000 al 2020)
- Additivi testati in pecore e **bovini da latte** e da carne

- ✓ Oils
- ✓ Macroalgae
- ✓ Nitrate
- ✓ Ionophores
- ✓ Protozoal control
- ✓ Phytochemicals (tannin-rich feeds, essential oils, and saponins)
- ✓ Nitrooxypropanol (3-NOP)

### Media riduzione CH<sub>4</sub>

- Oil: -15%**
- Macroalgae: -49%**
- Nitrate: -15.7%**
- Ionophores: -4%**
- Defaunation: -2%**
- Phytochemicals: -10%**
- 3-NOP: -23%**



**Macroalgae** e **3-NOP** hanno mostrato la maggiore efficacia nel ridurre la produzione di CH<sub>4</sub> (g CH<sub>4</sub>/kg of DMI)

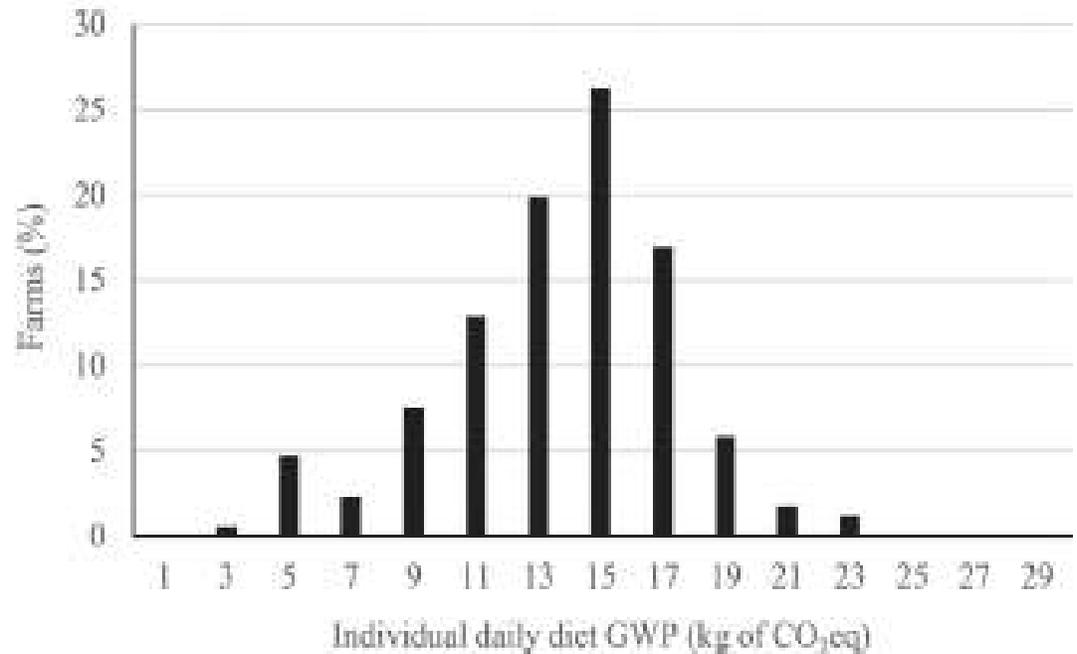
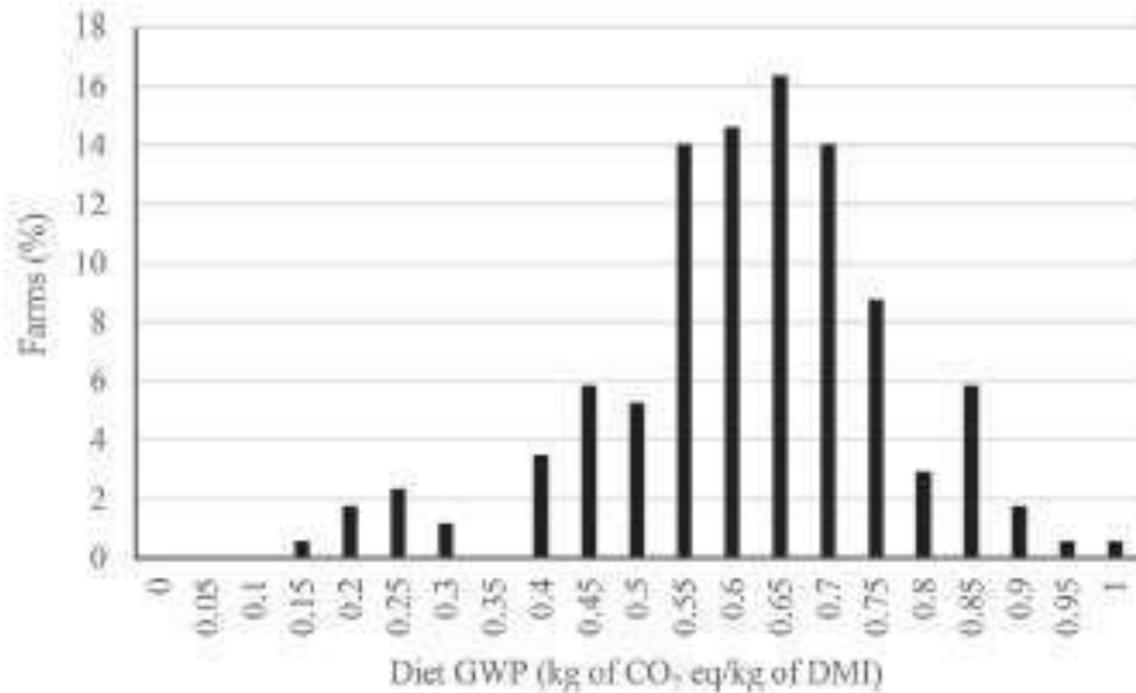


## Looking for high-production and sustainable diets for lactating cows: A survey in Italy

G. Gison, L. Bava, S. Colombini,\* M. Zucali, G. M. Crovetto, and A. Sandrucci

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali-Produzione. Territorio. Agroenergia. Università degli Studi di Milano. via Celoria 2 20133 Milan. Italy

(n = 171 aziende)





## Looking for high-production and sustainable diets for lactating cows: A survey in Italy

G. Gison, L. Bava, S. Colombini,\* M. Zucali, G. M. Crovetto, and A. Sandrucci

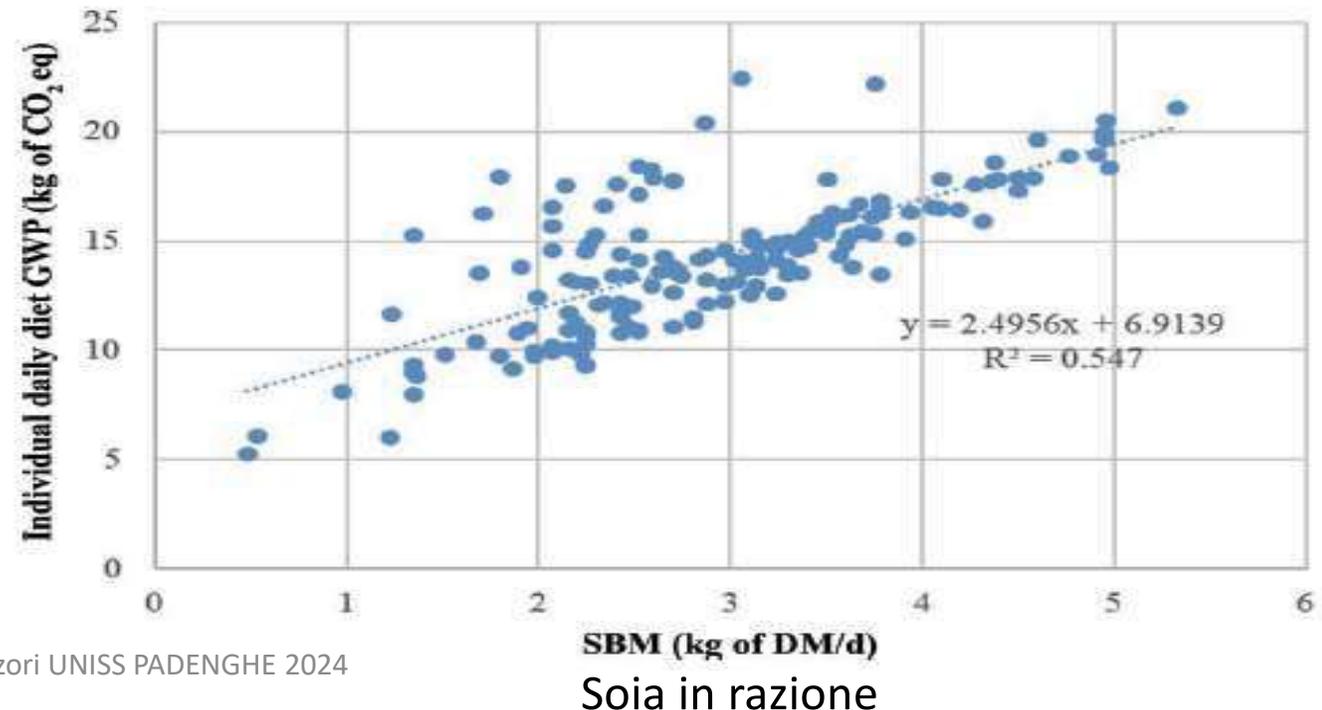
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali-Produzione. Territorio. Agroenergia. Università degli Studi di Milano. via Celoria 2 20133 Milan. Italy

- Maggiore feed efficiency se silomais < 30% SS farina mais < 20%
- Minore metano enterico con  $\leq 12\%$  di fieno di medica e  $> 30\%$  di silomais.
- NDF  $> 34\%$  (SS)  $\rightarrow$  CH<sub>4</sub>  $> 14,0$  g/kg di FPCM)

(n= 171 aziende)

### Minore metano enterico ( $\leq 14,0$ g/kg di FPCM) con diete:

- NE<sub>L</sub>  $> 1,61$  Mcal/kg
  - Estratto etero  $> 4\%$ .
  - Consumo di soia guida gli impatti
- Soia  $> 15\%$  della SS non avevano maggiore produzione di latte di quelle con Soia  $< 15\%$



## Mitigazione diretta: Gestione effluenti

- Copertura vasconi – 40-90% di NH<sub>3</sub>
- Interramento liquami e altre - 30-90% NH<sub>3</sub>
- Biogas – 23-36% CH<sub>4</sub>

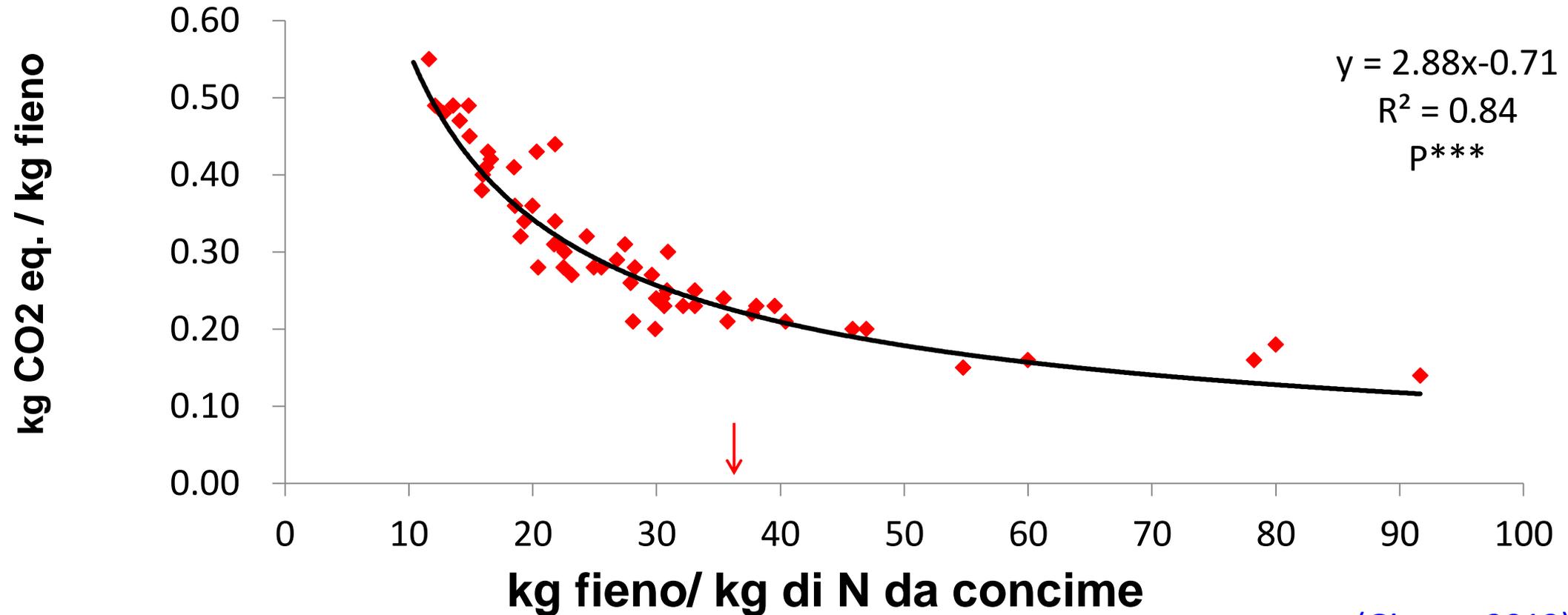


Renricca et al., 2023

# Mitigazione diretta: Efficienza di uso dell'azoto nelle colture

n = 83 aziende in Sardegna

Fieno di loietto



(Giunta, 2013)

**Fertilizzazione:** < asportazioni, efficienza di uso dell'azoto

**Irrigazione:** non programmata, dilava l'azoto (perdite)

## b) mitigazione indiretta



L'efficienza produttiva è il principale driver per la riduzione degli impatti ambientali

Conviene?

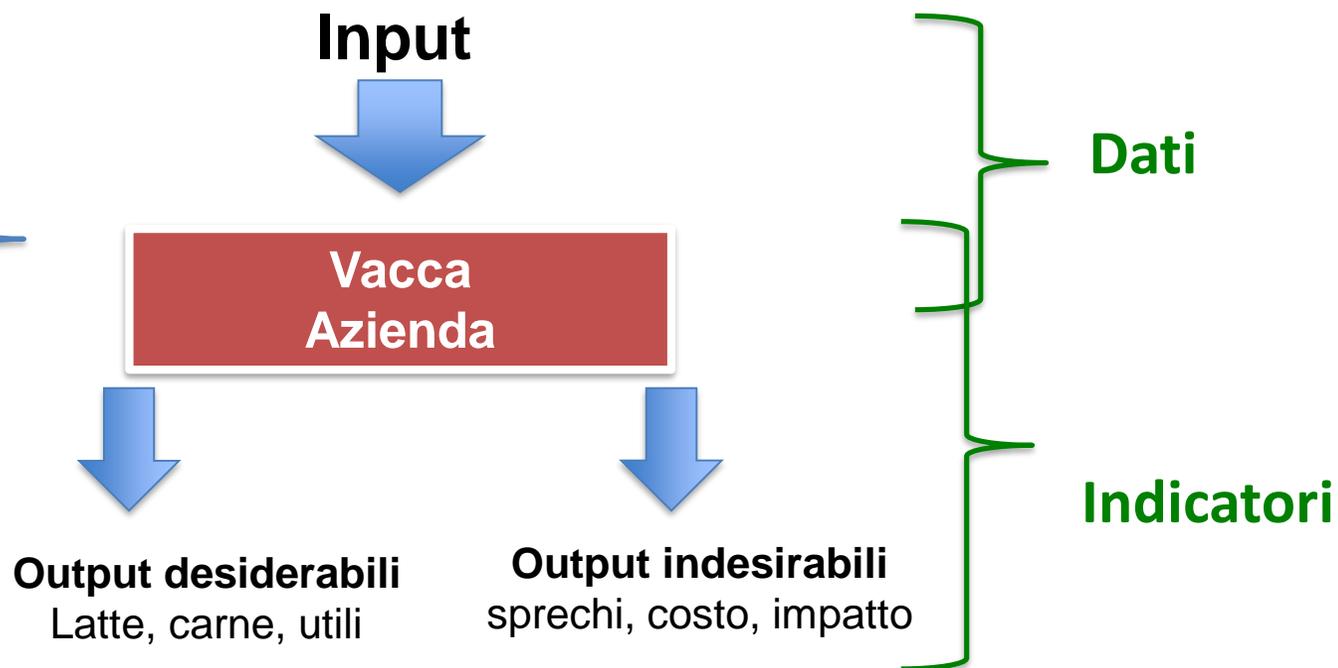


# SOSTENIBILITÀ AZIENDALE

enfasi su rendimento e efficienza



Obiettivo tecnico:  
**convertire bene l'alimento in latte**  
- scarti e perdite, + **ritorno economico**  
- **impatto ambientale**  
(Kung et al., 2018; Britt et al., 2018; Atzori e Gallo 2021)



# Mitigazione diretta: Aree e protocolli

## Protocollo: azione tecnica con beneficio ambientale

### 1. Aumento livello produttivo

(animale, allevamento, efficienza)

### 2. Produzione di foraggi:

- Resa e autosufficienza di biomassa e proteina (**massimizzare**)
- Riduzione alimenti acquistati

### 4. Gestione (ha effetti sul livello produttivo)

- Riproduzione (**massimizzare** gli indicatori)
- Rimonta e improduttivi
- Sanità
  - Fertilità - >20% CO<sub>2</sub>eq
  - Longevità -4.5% CO<sub>2</sub>eq per +1 lattazione

# Mitigazione indiretta: Efficienza e riduzione impatto (Livello individuale)



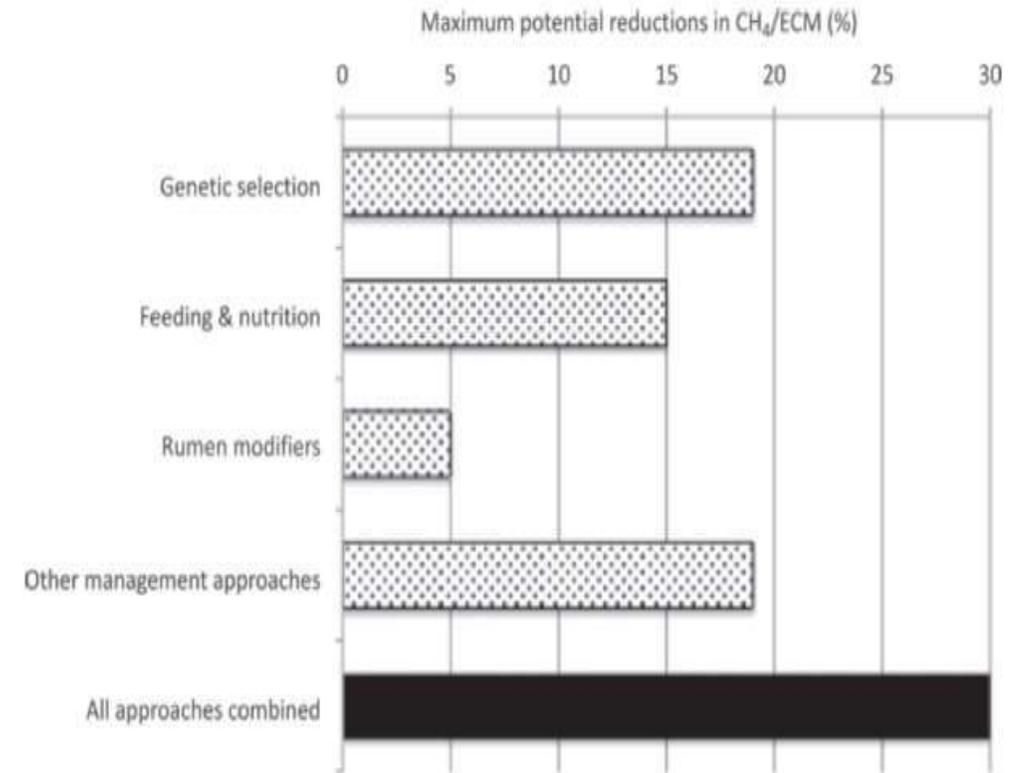
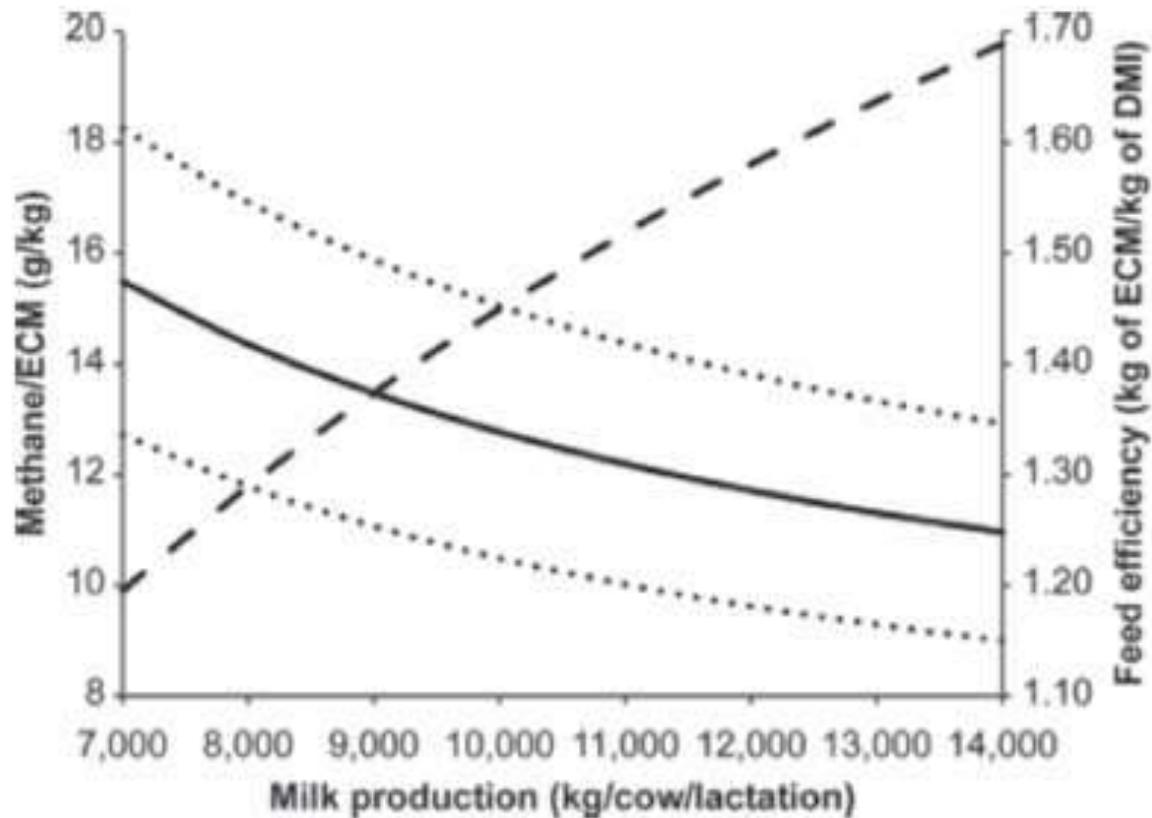
J. Dairy Sci. 97:3231–3261

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7234>

© American Dairy Science Association®, 2014. Open access under [CC BY-NC-ND license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

## Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions

J. R. Knapp,<sup>\*1</sup> G. L. Laur,<sup>†</sup> P. A. Vadas,<sup>‡</sup> W. P. Weiss,<sup>§</sup> and J. M. Tricarico<sup>#</sup>



# Più produzione, meno impatto

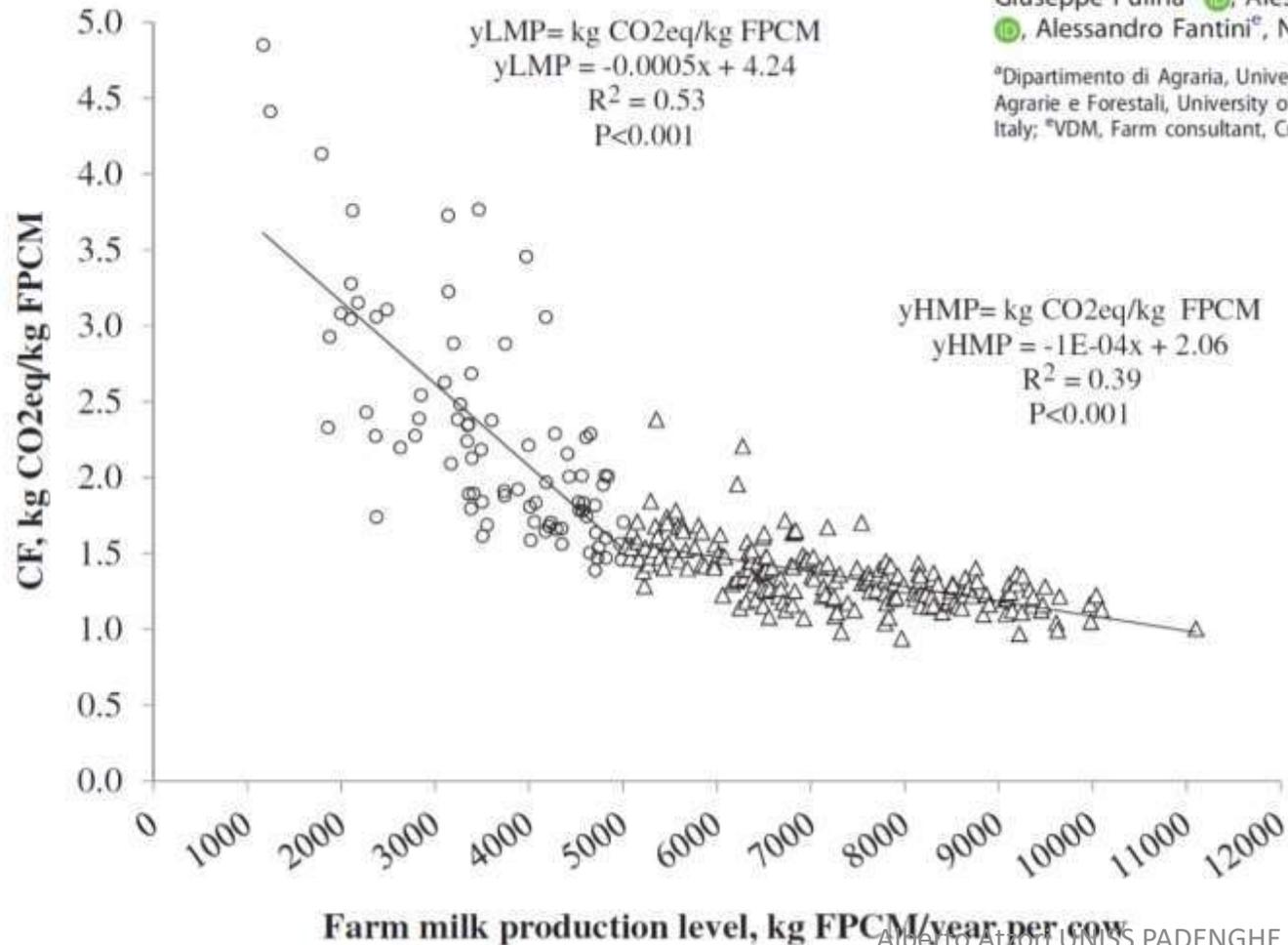
PAPER

OPEN ACCESS [Check for updates](#)

## How to manage cows yielding 20,000 kg of milk: technical challenges and environmental implications

Giuseppe Pulina<sup>a</sup>, Alessia Tondo<sup>b</sup>, Pier Paolo Danieli<sup>c</sup>, Riccardo Primi<sup>c</sup>, Gianni Matteo Crovetto<sup>d</sup>,  
Alessandro Fantini<sup>e</sup>, Nicolò Pietro Paolo Macciotta<sup>a</sup> and Alberto Stanislao Atzori<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Agraria, University of Sassari, Sassari, Italy; <sup>b</sup>Associazione Italiana Allevatori, Roma, Italy; <sup>c</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, University of Tuscia, Viterbo, Italy; <sup>d</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, University of Milano, Milano, Italy; <sup>e</sup>VDM, Farm consultant, Cremona, Italy



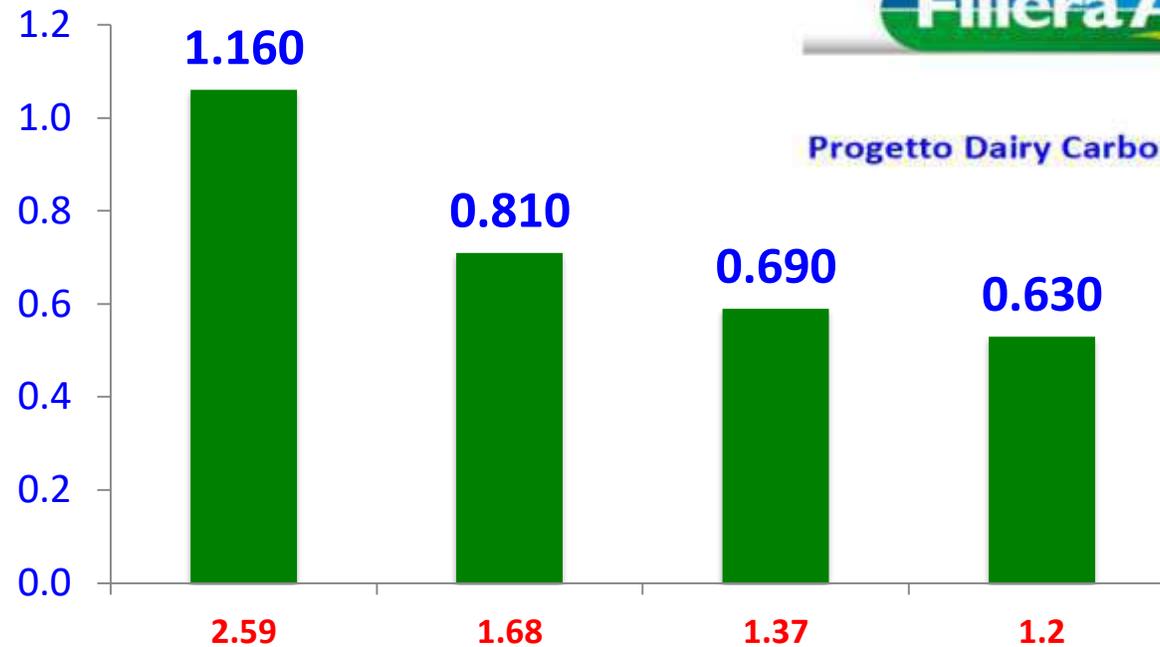
285 aziende da latte (Atzori e Cannas, 2013)

# Efficienza conversione alimentare vs. Emissioni

Efficienza conversione alimentare vacche

SSI/Latte

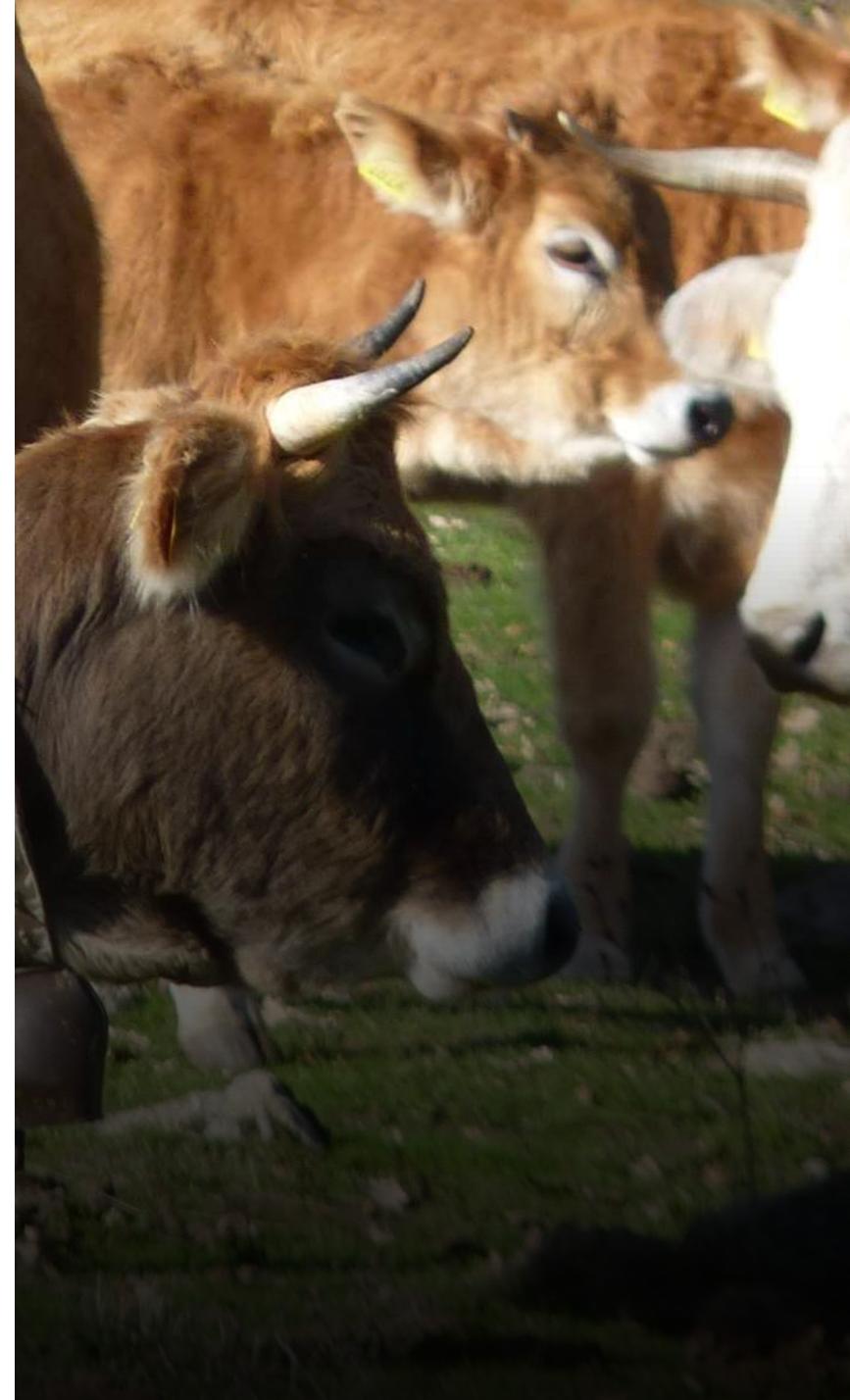
(n= 282 aziende)



**Carbon footprint  
kg di CO<sub>2</sub>/kg di latte venduto**

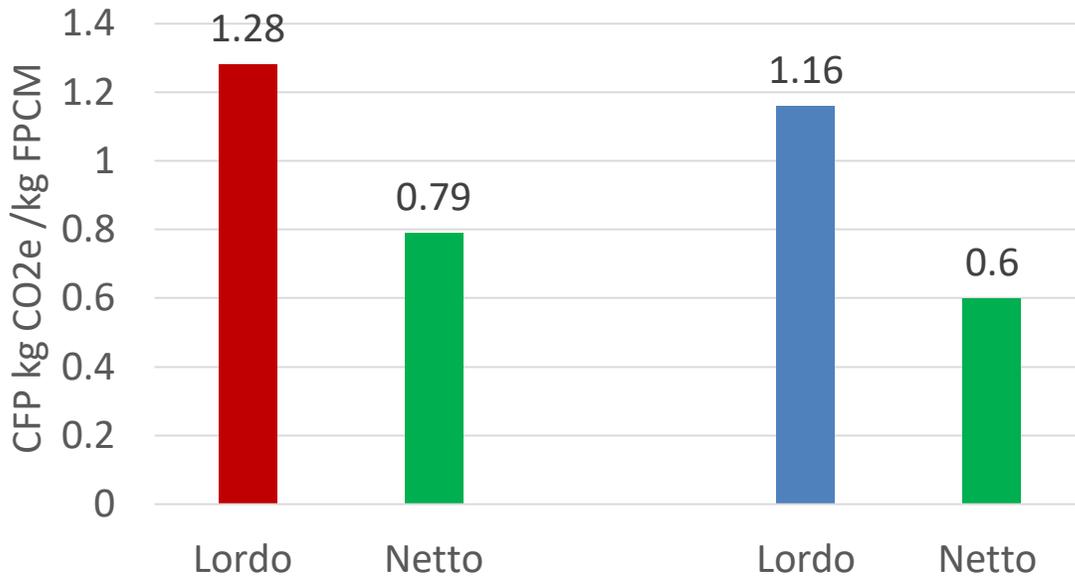
## c) Il bilanciamento delle emissioni

(sequestro del carbonio e bioenergie)



# Aumentare il sequestro di CO<sub>2</sub> nei suoli e nella vegetazione riduce la CFP

CFP lorda e netta- Vacche da latte  
Salvator et al. 2017



Non ancora definito a livello normativo (Europa)

Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024

- Conta solo la variazione di SO nel suolo non quanto assorbe la coltura!!
- L'agricoltura conservativa e rigenerativa può consentire importanti riduzioni nelle emissioni nette (cover-crops, ammendanti [biochar], minimum o no-tillage, agroforestry, ecc)
- I sequestri possono anche raggiungere il 50% delle emissioni lorda dell'allevamento

## Sistemi foraggeri dinamici per produrre di più e meglio

di E. Tabacco, L. Comino, D. Giaccone, G. Borreani

Organizzare un sistema foraggero dinamico a servizio delle esigenze della stalla da latte è l'obiettivo da perseguire per agire in modo incisivo sui costi di produzione, in primis quelli

Produrre in aziende alimenti di elevata qualità nutrizionale è un'opportunità per l'allevatore di ridurre i costi di produzione del latte. Quando il sistema foraggero fornisce servizi ecosistemici aggiuntivi e risponde alle aspettative della società in materia di tutela ambientale allora, oltre che un'opportunità per pochi, diventa una risorsa a vantaggio di tutti

**Indietro non si torna** (anche se immediatamente mettessimo a zero le emissioni nette). Per cui:

- Bisogna ridurre le emissioni
- Bisogna adattarsi al cambiamento climatico

CarbonZero entro il 2050 per non aumentare oltre 1.5°C



*Annual Review of Environment and Resources*  
**Net Zero: Science, Origins, and Implications**

Myles R. Allen,<sup>1,4</sup> Pierre Friedlingstein,<sup>2,3</sup>  
 Cécile A.J. Girardin,<sup>1</sup> Stuart Jenkins,<sup>4</sup>  
 Yadvinder Malhi,<sup>1,5</sup> Eli Mitchell-Larson,<sup>1</sup>  
 Glen P. Peters,<sup>6</sup> and Lavanya Rajamani<sup>7</sup>

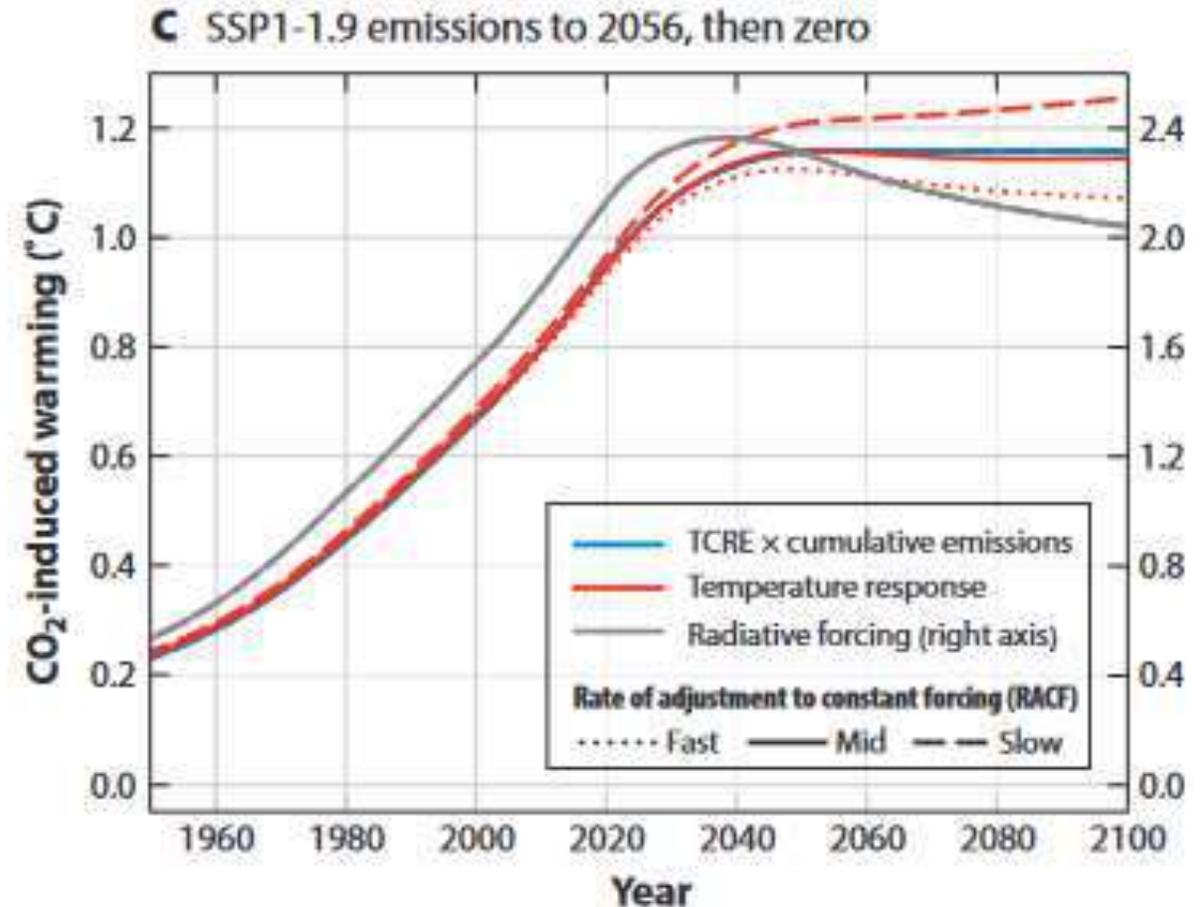
<sup>1</sup>Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment, University of Oxford, Oxford, United Kingdom; email: myles.allen@ouce.ox.ac.uk  
<sup>2</sup>College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, United Kingdom  
<sup>3</sup>Laboratoire de Mécanique Dynamique, Institut Pierre-Simon Laplace, CNRS-ENS-UPMC-X, Paris, France  
<sup>4</sup>Department of Physics, University of Oxford, Oxford, United Kingdom  
<sup>5</sup>Leverhulme Centre for Natural Resource, University of Oxford, Oxford, United Kingdom  
<sup>6</sup>CICEER Center for International Climate Research (CICEER), Oslo, Norway  
<sup>7</sup>Faculty of Law, University of Oxford, Oxford, United Kingdom



- Download figures
- Navigate cited references
- Keyword search
- Explore related articles
- Share via email or social media

Ann. Rev. Environ. Resour. 2022.47:899-927  
 First published as a Review in Advance on  
 August 26, 2022

**Keywords**  
 carbon budget, net zero, climate neutrality, nature-based solutions,



## 4. Sostenibilità aziendale: Adattamento

Come possiamo adattare i nostri allevamenti ai cambiamenti climatici: quali tecnologie e strategie per la transizione climatica?  
[bovini da latte]



# Adattamento

Adattamento: ambiente → zootecnia

Ridurre gli effetti delle mutate condizioni sugli animali e allevamenti

es. cambio climatico: riduzione **effetti elevate temperature** sulle performance di allevamento:

- **Breve periodo**: riduzione stress da caldo per via nutrizionale
- **Breve-Medio periodo**: modifica piani colturali (sicidità) e microclima di stalla
- **Lungo periodo**: modifica strutture allevamento, genetica etc



# Andamento delle temperature e umidità nelle stalle europee

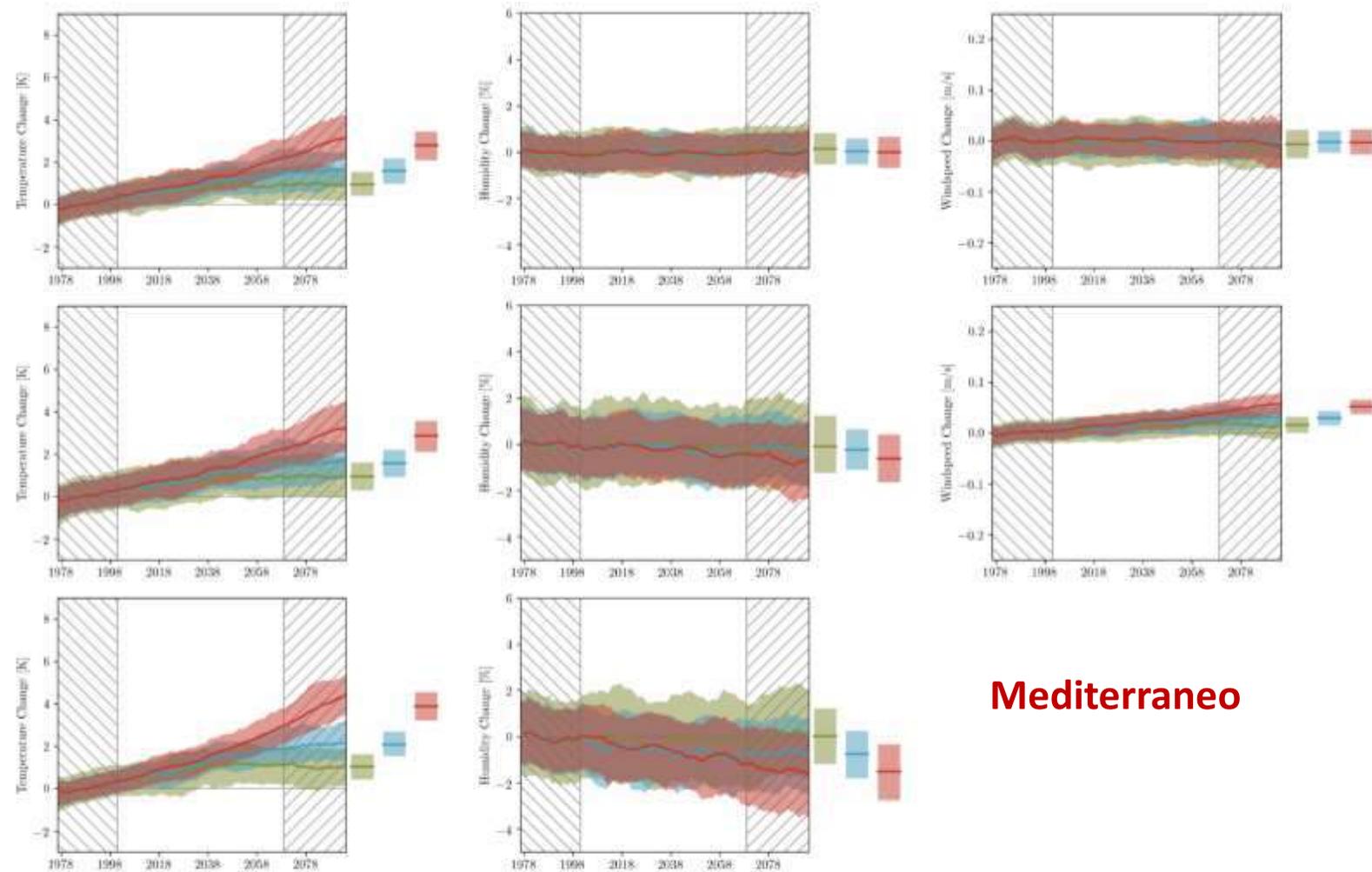
Earth Syst. Dynam. Discuss., <https://doi.org/10.5194/esd-2019-15>  
 Manuscript under review for journal Earth Syst. Dynam.  
 Discussion started: 8 May 2019  
 © Author(s) 2019. CC BY 4.0 License.



## Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios - uncertainties and potential impacts

Sabrina Hempel<sup>1</sup>, Christoph Menz<sup>2</sup>, Severino Pinto<sup>1</sup>, Elena Galán<sup>3</sup>, David Janke<sup>1</sup>, Fernando Estellés<sup>4</sup>, Theresa Müschner-Siemens<sup>1</sup>, Xiaoshuai Wang<sup>5</sup>, Julia Heinicke<sup>1</sup>, Guoqiang Zhang<sup>5</sup>, Barbara Amon<sup>1</sup>, Agustín del Prado<sup>3,6</sup>, and Thomas Amon<sup>1,2</sup>

- <sup>1</sup>Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany
- <sup>2</sup>Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Telegraphenberg A 31, 14473 Potsdam, Germany
- <sup>3</sup>Basque Centre for Climate Change (BC3), Sede Building 1, 1st floor, Scientific Campus of the University of the Basque Country, 48940 Leioa, Spain
- <sup>4</sup>Institute of Animal Science and Technology, Universitat Politècnica de València (UPV), Camino de Vera, s/n 46022 Valencia, Spain
- <sup>5</sup>Aarhus University (AU), Department of Engineering, Blichers Allé 20, P.O. Box 50, 8830 Tjele, Denmark
- <sup>6</sup>Basque Center for Applied Mathematics (BCAM), Alameda de Mazaredo 14, 48009 Bilbao, Bizkaia
- <sup>7</sup>Free University Berlin (FUB), Department of Veterinary Medicine, Institute of Animal Hygiene and Environmental Health

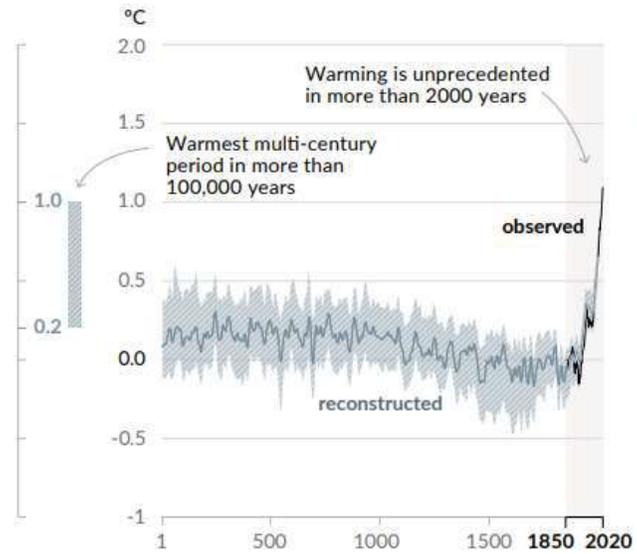


**Mediterraneo**

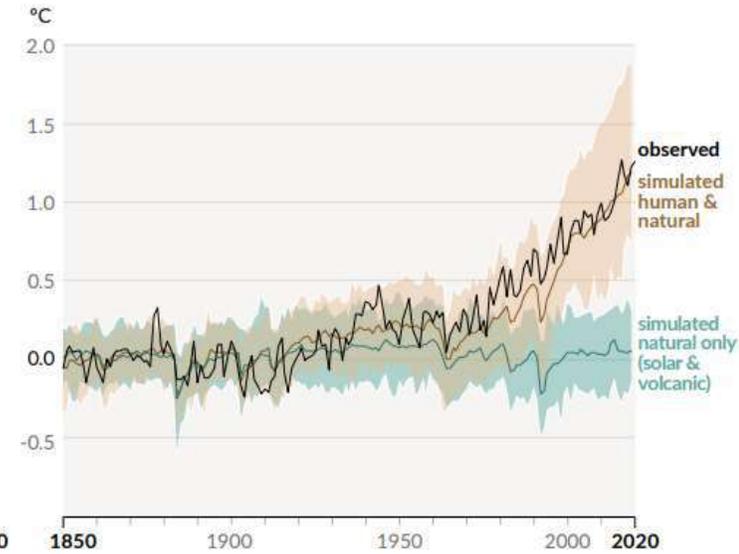
**Figure 3.** Projected change in indoor temperature, humidity and wind in the three focus regions of this study under RCP 2.6 (green), 4.5 (blue) and 8.5 (red). Regions: Central European maritime region with reference weather station Rostock-Warnemünde (top), Central European continental region with reference weather station Potsdam (middle) and Western Mediterranean region with reference weather station Valencia (bottom).

La temperatura media terrestre è aumentata di 1,2°C dal 1850

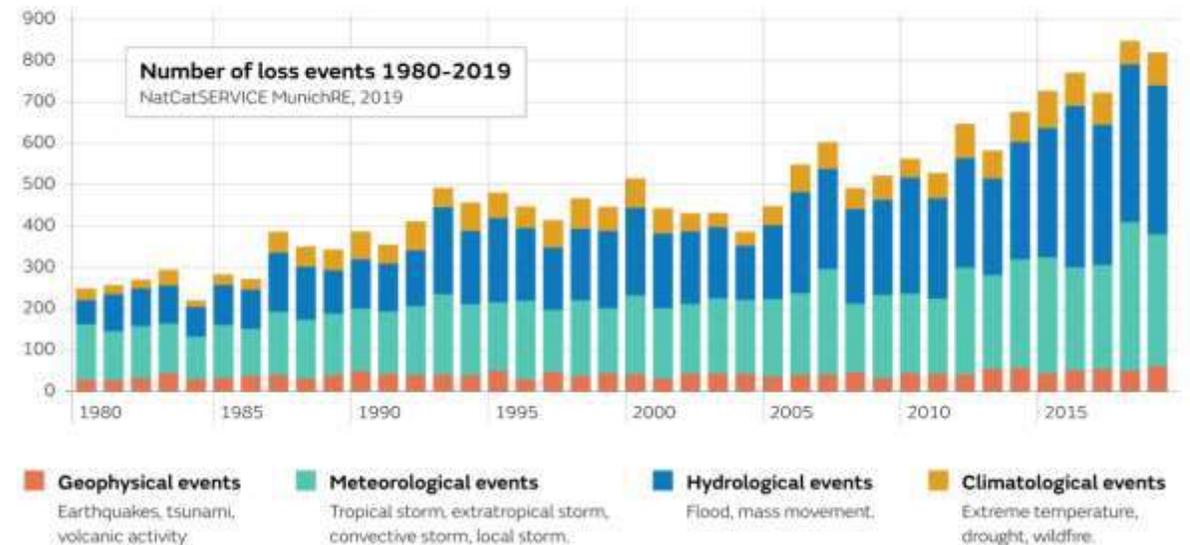
a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)



Met Office Are extremes becoming more frequent?



# Tecnologie per la transizione climatica della bovinicoltura italiana

ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE  
2020, VOL. 19, NO. 1, 865-879  
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1805370>



PAPER



## How to manage cows yielding 20,000 kg of milk: technical challenges and environmental implications

Giuseppe Pulina<sup>a</sup>, Alessia Tondo<sup>b</sup>, Pier Paolo Danieli<sup>c</sup>, Riccardo Primi<sup>c</sup>, Gianni Matteo Crovetto<sup>d</sup>,  
Alessandro Fantini<sup>e</sup>, Nicolò Pietro Paolo Macciotta<sup>a</sup> and Alberto Stanislaos Atzori<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Agraria, University of Sassari, Sassari, Italy; <sup>b</sup>Associazione Italiana Allevatori, Roma, Italy; <sup>c</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, University of Tuscia, Viterbo, Italy; <sup>d</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, University of Milano, Milano, Italy; <sup>e</sup>VDM, Farm consultant, Cremona, Italy

### ABSTRACT

The world cow milk production will reach between 810 and nearly 1,000 Mt in 2050, implying changes in dairy farm management as well implications in environmental impact, especially as far as greenhouse gases (GHG) emissions, and nitrogen and phosphorus excretions are concerned. The future dairy farms will need to become smarter, profitable, and high yielding to continuously improve the sustainability of milk production. Among western countries, the Italian dairy industry has good performances both for milk yield and quality. Most of its milk is used to produce highly exported PDO cheeses with high added value. It could represent a model to study the impact of accelerated phenotypic trend on technical and environmental challenges. Assuming a constant average increase of milk yield equal to the actual phenotypic trend (+128 kg per cow and per year), the production of the current best cows (20t/head year<sup>-1</sup>) will become the average herd performance of the intensive dairy farms in 2030. Thus, maintaining the current Italian milk production (equal to 12.1 Mt), the higher milk production per head would cause a reduction of the environmental impact of 11.4% and 60.1% for GHG, 9.1% and

### ARTICLE HISTORY

Received 18 June 2020  
Revised 26 July 2020  
Accepted 30 July 2020

### KEYWORDS

Future farming; high yielding cows; extended lactations; footprint; dairy scenarios

DOSSIER /  
NUOVI SPUNTI  
DALLA RICERCA

Adattamento al cambiamento climatico, le strategie

## Stress da caldo quali risposte

di Roberta Cresci<sup>1</sup>, Alberto Mantino<sup>2</sup>, Marcello Mele<sup>3</sup>, Alberto Stanislaos Atzori<sup>1</sup>

2 componenti

Coltivazioni



Fieni  
Pascoli  
Carboni  
Stock

Animali



Nutrizione  
Riproduzione  
Produzione latte  
Carne



Approccio adattamento: non ridurre performance nelle mutate condizioni

# Opzione obbligatoria per l'agricoltura e l'allevamento: Adattamento al cambio climatico

Oggi

**Article**  
**An Integrated Analysis of Dairy Farming: Direct and Indirect Environmental Interactions in Challenging Bio-Physical Conditions**  
Shir Triky and Meital Kissinger\*

Department of Geography and Environmental Development, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva 8410503, Israel; triky@post.bgu.ac.il  
\* Correspondence: meital@bgu.ac.il

**Abstract:** The demand for milk and its products is growing worldwide. The need to find more efficient ways to produce milk while reducing pressure on the local and global environment has been identified. The Israeli dairy system operates in a challenging environment (limited land, water, and a harsh climate). This paper embraces a life cycle assessment (LCA) framework to analyze various local and global direct and indirect environmental interactions of milk production in Israel. The results show that the production of 1 kg of fat and protein-corrected milk (FPCM) in the systems that were analyzed requires on average 0.5 m<sup>3</sup> of land, 52 L of water, and 3.3 MJ of energy. The emissions that were generated over the life cycle averaged 1.03 kg CO<sub>2</sub>-eq (GWP), 0.0095 kg SO<sub>2</sub>-eq (AP) and 0.003 kg PCO<sub>2</sub>-eq (EP). The research findings point to several 'pollution hotspots' that are relevant also to dairy systems in other regions, including feed supply, GHG emissions that are related to enteric fermentation, manure management, and the use of water, and discuss some potential directions to advance more efficient, less polluting system.

**Keywords:** dairy production; life cycle assessment; Israel; environmental impact

**1. Introduction**  
Worldwide, the demand for dairy products has been growing in recent years, and this is expected to continue given demographic and economic process [1]. Various studies have analyzed the significant loads on local and global environmental systems that livestock

Israele con 117k vacche che producono in media 11,6 kL/anno è avanti a noi di 20 anni in termini di condizioni

Breve-medio

*Review* 2020, 14(5), pp. 196–203. © The Author(s) 2020  
doi:10.1018/1717171211190275

**Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes**  
M. Gaily<sup>1</sup> and S. Ammer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, Livestock Production Systems, Free University of Bolzano, Universitätsplatz 5, 39100 Bolzano, Italy; <sup>2</sup>Division of Livestock Production Systems, Department of Animal Science, University of Göttingen, Albrecht-Platz-Weg 5, 30559 Göttingen, Germany

Received 27 August 2019; Accepted 25 November 2019

*The so-called global change refers to changes on a planetary scale. The term encompasses various issues like resource use, energy development, population growth, land use and land cover, carbon and nitrogen cycle, pollution and health, and climate change. The paper deals with challenges for dairy cattle production systems in Europe arising from climate change as one part of global changes. Global warming is increasing, and therefore ecosystems, plant and animal biodiversity, and food security and safety are at risk. It is already accepted knowledge that the direct and indirect effects of global warming in combination with an increasing frequency of weather extremes are a serious issue for livestock production, even in moderate climate zones like Central Europe. The potential and already-inavoidable effects of climate change (including increase in temperature, frequency of hot days and heat waves) in particular the challenges on grassland production, fodder quality, nutrition in general, cow welfare, health as well as performance of dairy production, will be reviewed. Indirect and direct effects on animals are correlated with their performance. There are clear indications that with selection for high-yielding animals the sensitivity to climate changes increases. Cumulative effects (e.g. higher temperature plus increased pathogen and their vectors loads) do strengthen these impacts. To cope with the consequences several possible adaptation and mitigation strategies must be established on different levels. This includes changes in the production systems (e.g. management, barn, feeding), breeding strategies and health management.*

- a) Misure manageriali
- b) Adattamenti strutturali
- c) Adattamenti nutrizionali
- d) Misure per il mantenimento della salute animale
- e) Genetica

Lungo

**J. Dairy Sci.** 101:3722–3741  
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>  
© American Dairy Science Association<sup>®</sup>, 2018.

**Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067**  
J. H. Britt,<sup>1\*</sup> R. A. Cushman,<sup>†</sup> C. D. Dechow,<sup>‡</sup> H. Dobson,<sup>§</sup> P. Humblot,<sup>#</sup> M. F. Hutjens,<sup>||</sup> G. A. Jones,<sup>¶</sup> P. S. Rugg,<sup>\*\*</sup> I. M. Sheldon,<sup>††</sup> and J. S. Stevenson<sup>‡‡</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, North Carolina State University, Raleigh 27695-7621  
<sup>†</sup>USDA Agricultural Research Service, US Meat Animal Research Center, Clay Center, NE 68903  
<sup>‡</sup>Department of Animal Science, Pennsylvania State University, University Park 16802  
<sup>§</sup>School of Veterinary Science, University of Liverpool, Neston, United Kingdom CH64 7TE  
<sup>#</sup>Department of Clinical Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 750 07, Sweden  
<sup>||</sup>Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana 61801  
<sup>¶</sup>Central Sands Dairy, De Pere, WI 54115-9603  
<sup>\*\*</sup>Department of Animal Science, Michigan State University, East Lansing 48824-1225  
<sup>††</sup>Swansea University Medical School, Swansea, Wales, United Kingdom SA2 8PP  
<sup>‡‡</sup>Department of Animal Sciences and Industry, Kansas State University, Manhattan 66506-0201

- a) Automazione integrale
- b) A.I. management
- c) Cisgenetica e cisgenomica
- d) Microbiotica e metabolomica
- e) Nuove tipologie per le infrastrutture
- f) Limite torico intervallo generazioni (<1 anno)
- g) One welfare
- h) ??????

# Il problema dello stress da caldo:

Si manifesterebbe anche senza cambio climatico in area Mediterranea



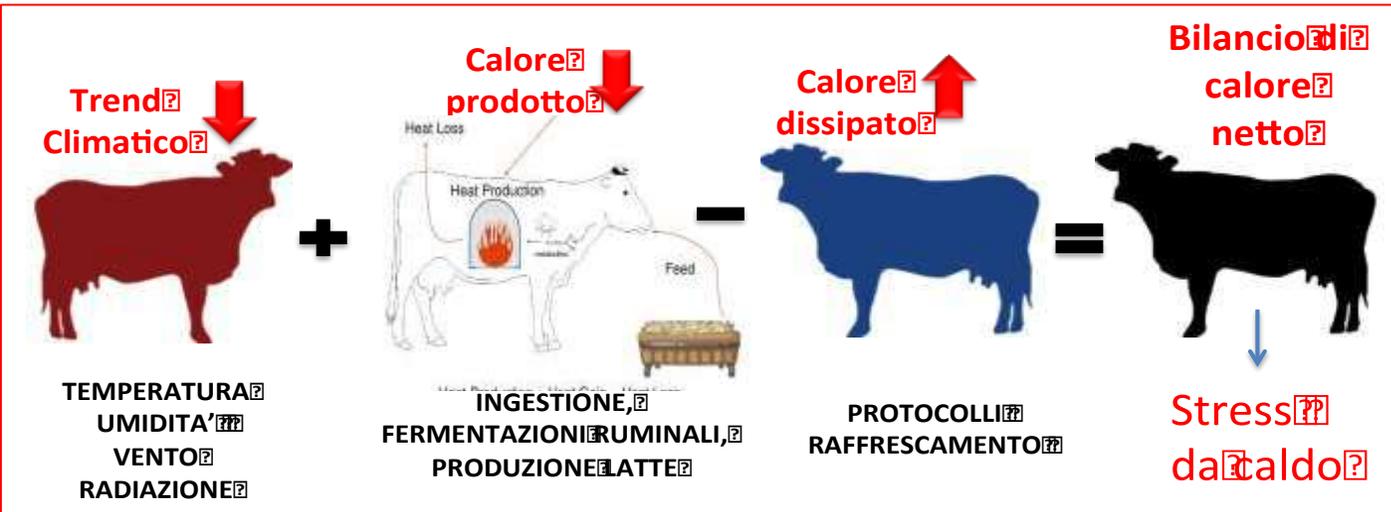
Tanta letteratura sullo stress da caldo dagli anni 90 ad oggi (Collier et al., 1995; Kadzere et al., 2002)



Chiari i meccanismi di risposta animale energetici, fisiologici, e comportamento (Sejian et al., 2013; Baumgard et al., 2016)



Risposta Epigenetica (Dahl et al., 2020; Laporta et al., 2021)



Livestock Production Science 77 (2002) 99–91



www.elsevier.com/locate/livprodsci

## Heat stress in lactating dairy cows: a review

C.T. Kadzere<sup>a</sup>, M.R. Murphy<sup>a,\*</sup>, N. Silanikove<sup>b</sup>, E. Maitz<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA  
<sup>b</sup>Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50 250, Israel

Received 1 September 1999; accepted 6 December 2001

**Risposta Animale osservata**

Calo di latte ai picchi di calore

Perdita riproduttiva e stagionalità

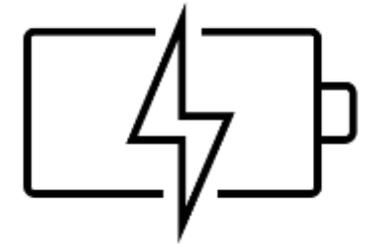
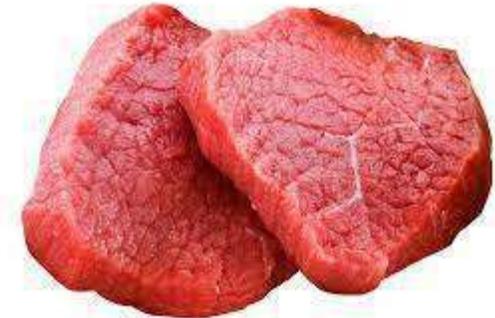
**Trend climatico e Microclima** sono la sintesi della predisposizione della **struttura** a generare stress da caldo

**Dissipazione** è la chiave della risposta animale

## Effetto economico dello stress da caldo

Dipende da:

- Perdita di ricavi per cali produttivi
- Costo delle azioni di riduzione dello stress
- Costo energia e impianti per raffrescamento



Perdite tra \$897 y \$1500 milioni nel settore DAIRY USA (St-Pierre et al., 2003)

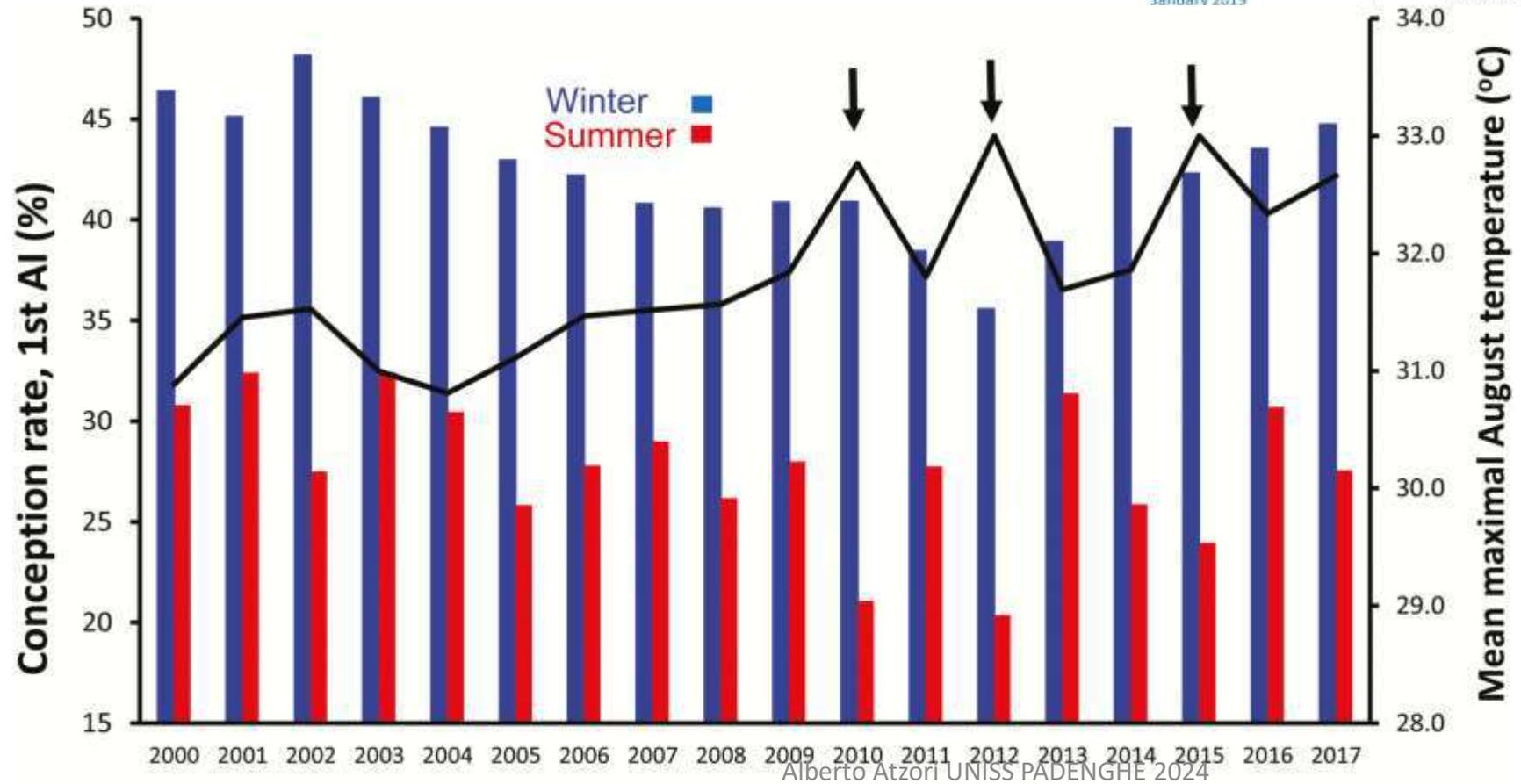
USA: 96 giorni di HS, - 90\$/vacca (50-200\$), >800 Mil \$/anno (Ferreira et al. ,2016)

# Stress da caldo e riproduzione



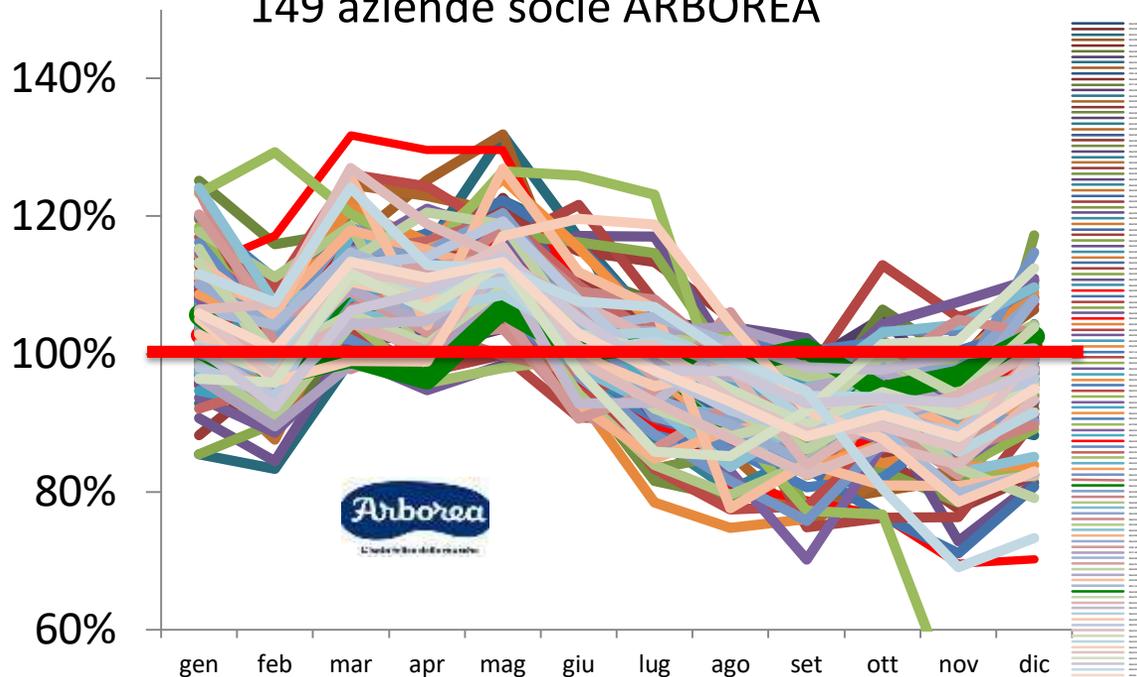
Volume 9, Issue 1  
January 2019

JOURNAL ARTICLE  
**Impact of heat stress on cow reproduction and fertility**  
David Wolfenson, Zvi Roth  
*Animal Frontiers*, Volume 9, Issue 1, January 2019, Pages 32-38, <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>  
Published: 10 November 2018



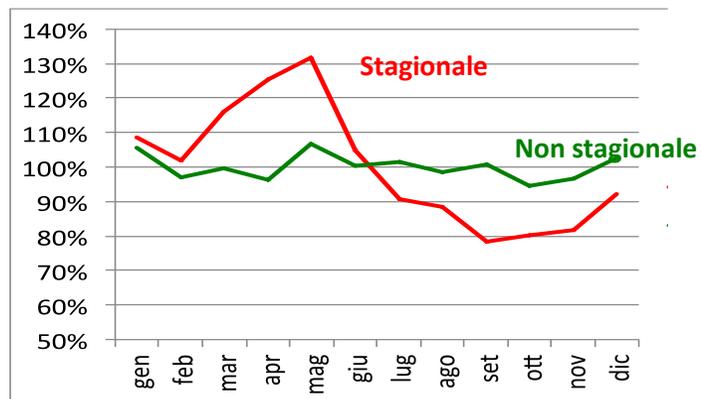
# Stress da caldo: Stagionalità dei conferimenti

149 aziende socie ARBOREA



Media mensile = 100%

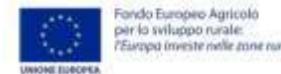
70% aziende sono stagionali



Indice estate inverno (S/W)  
(adattato da Flaumembaum, 2007)

Azienda stagionale :  $S/W = 0.77$

Azienda non stagionale :  $S/W = 0.97$



PROGETTO CLIMALAT  
(PSR SARDEGNA)



Atzori e Cresci, 2023

# Stress da caldo e produzione



J. Dairy Sci. 97:471–486  
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6611>  
 © American Dairy Science Association®, 2014.

## The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle

U. Bernabucci,\* S. Biffani,† L. Buggiotti,\* A. Vitali,\* N. Lacetera,\* and A. Nardone\*<sup>1</sup>  
 \*Dipartimento di scienze e tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy  
 †Associazione Nazionale Allevatori Frisone Italiana (ANAFI), 26100 Cremona, Italy

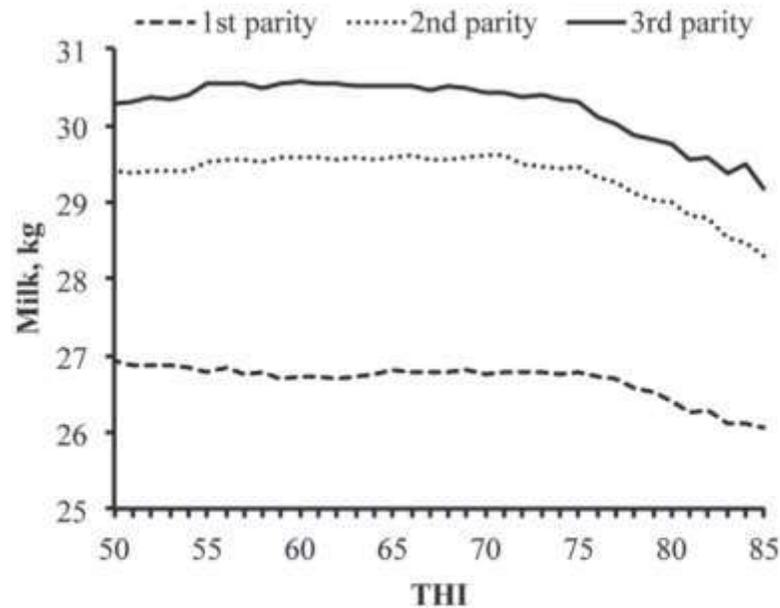
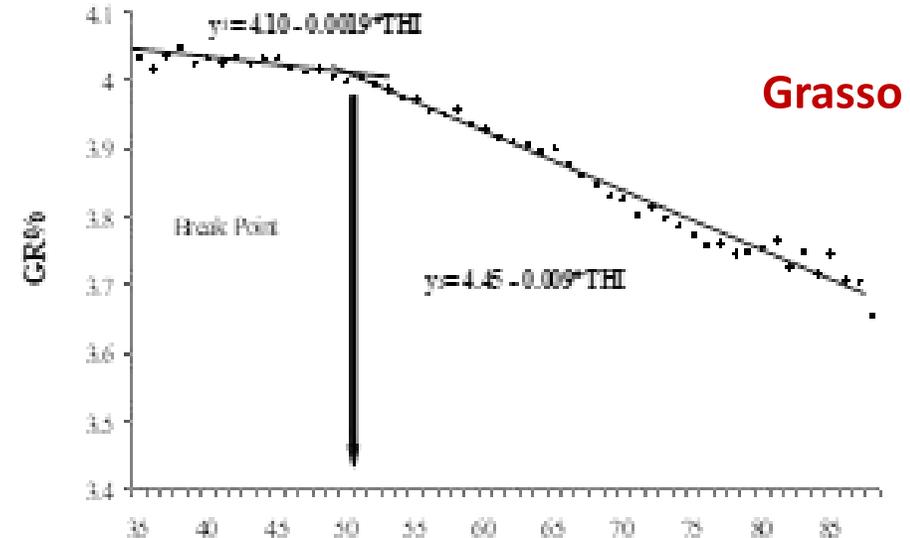
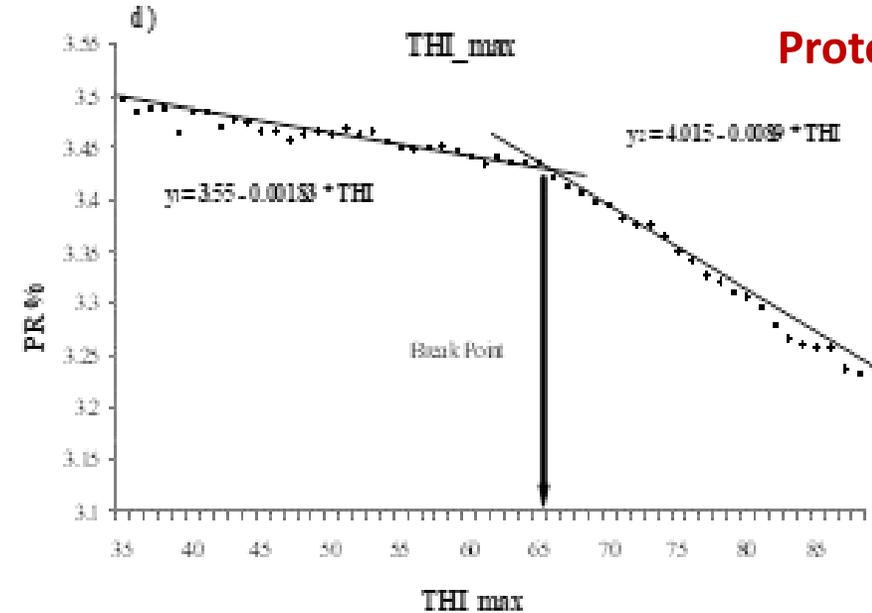


Figure 5. Least squared means for daily milk yield in the 3 parities adjusted for the effect of the temperature-humidity index (THI).



Grasso



Proteine

# STRESS da caldo: il rischio in Italia per i Bovini da latte

ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE  
2019, VOL. 18, NO. 1, 922-933  
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1604087>



PAPER

OPEN ACCESS [Check for updates](#)

## The changes of climate may threaten the production of Grana Padano cheese: past, recent and future scenarios

Andrea Vitali<sup>a</sup>, Maria Segnalini<sup>b</sup>, Stanislao Esposito<sup>b</sup>, Nicola Lacetera<sup>a</sup>, Alessandro Nardone<sup>a</sup> and Umberto Bernabucci<sup>a</sup>

1971-2000

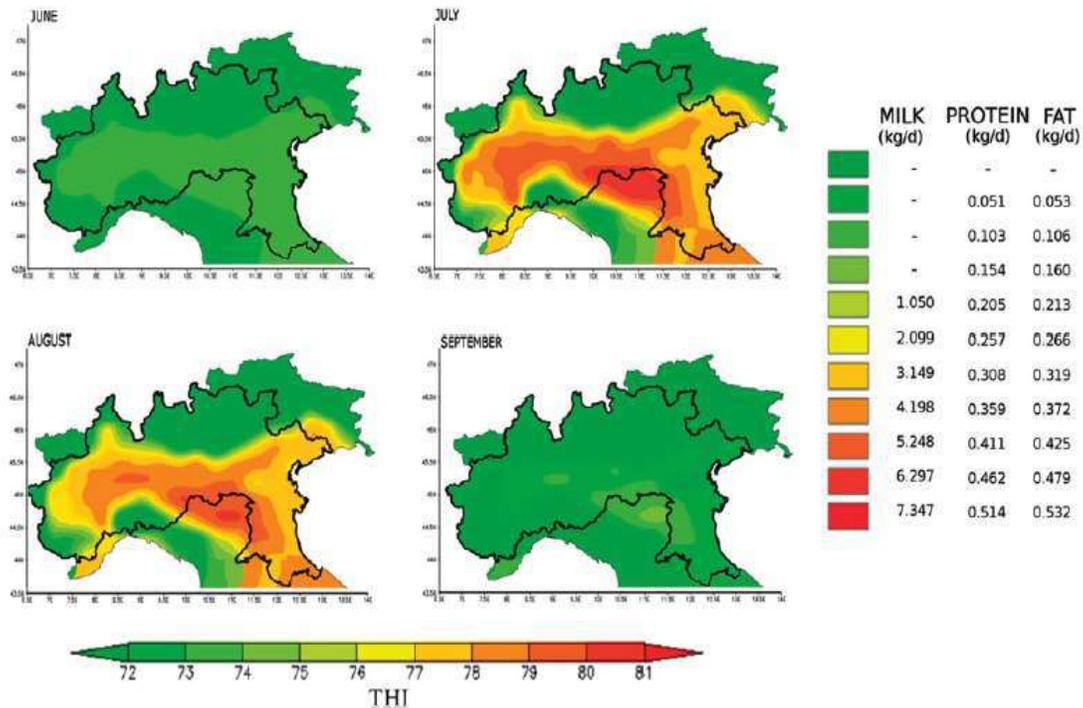


Figure 4. THI-related risk of milk, protein and fat yield loss (kg/d) in the production area of Grana Padano (marked) during the period 1971-2000 in the months of June, July, August and September. The colours from green to red indicate increasing values of THI (from 72 to 81) to which correspond different degree of production loss: null (green) and maximum (red). THI: temperature-humidity index.

Table 1. Thresholds of THI indicating the beginning of heat stress and yield loss of milk, protein and fat for each unit of increment of THI above the threshold.

	THI threshold <sup>a</sup>	Yield loss, kg/THI unit <sup>a</sup>
Milk	75	1.050
Protein	72	0.051
Fat	72	0.053

<sup>a</sup>Thresholds of THI and yield loss were derived from Bernabucci et al. 2014.

THI: temperature-humidity index.

2021-2050

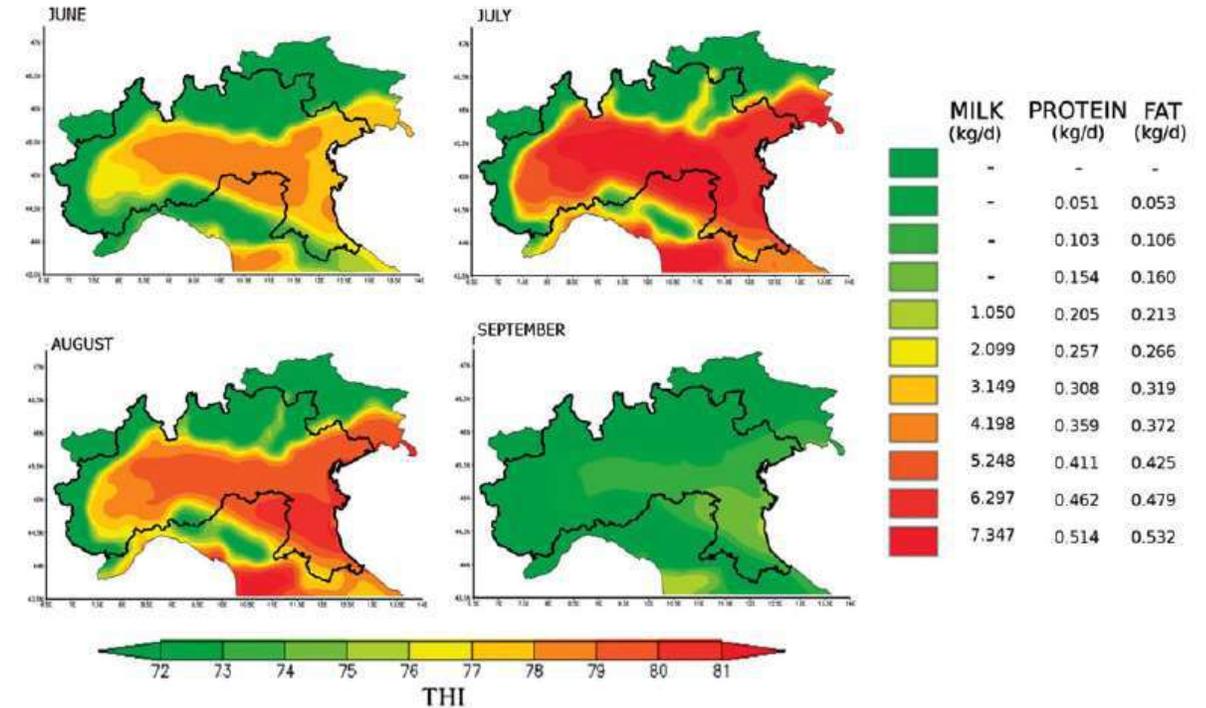


Figure 6. THI-related risk of milk, protein and fat yield loss (kg/d) in the production area of Grana Padano (marked) during the period 2021-2050 in the months of June, July, August and September. The colours from green to red indicate increasing values of THI (from 72 to 81) to which correspond different degree of production loss: null (green) and maximum (red). THI: temperature-humidity index.

# Stress da caldo: cosa abbiamo fatto finora



		Relative humidity (%)								
		20	30	40	50	60	70	80	90	
Temperature (°F)	50	54	53	53	52	52	51	51	50	
	55	56	56	56	56	56	55	55	55	
	60	59	59	59	59	60	60	60	60	
	65	62	62	63	63	63	64	64	65	
	70	65	65	66	67	67	68	69	69	
	75	68	68	69	70	71	72	73	74	
	80	70	72	73	74	75	76	78	79	
	85	73	75	76	78	79	81	82	84	
	90	76	78	79	81	83	85	86	88	
	95	79	81	83	85	87	89	91	93	
	100	82	84	86	88	91	93	95	98	
105	84	87	89	92	95	97	100	102		
110	87	90	93	96	99	101	104	107		

<68	Not Stressed
68-71	Stress Threshold
72-79	Mild Stress
80-89	Moderate Stress
>89	Severe Stress

Figure 1. Temperature Humidity Index (THI) for Cattle. Lactating dairy cows are at greater risk for heat stress when the THI exceeds 68.



**Problema:** Il cambio climatico genera un aumento nella frequenza delle onde di calore



J. Dairy Sci. 98:4572–4579  
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9331>  
 © American Dairy Science Association®, 2015.

## The effect of heat waves on dairy cow mortality

A. Vitali,<sup>\*1</sup> A. Felici,<sup>†</sup> S. Esposito,<sup>‡</sup> U. Bernabucci,<sup>\*</sup> L. Bertocchi,<sup>§</sup> C. Maresca,<sup>‡</sup> A. Nardone,<sup>\*</sup> and N. Lacetera<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia, Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy

<sup>†</sup>Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, 06126 Perugia, Italy

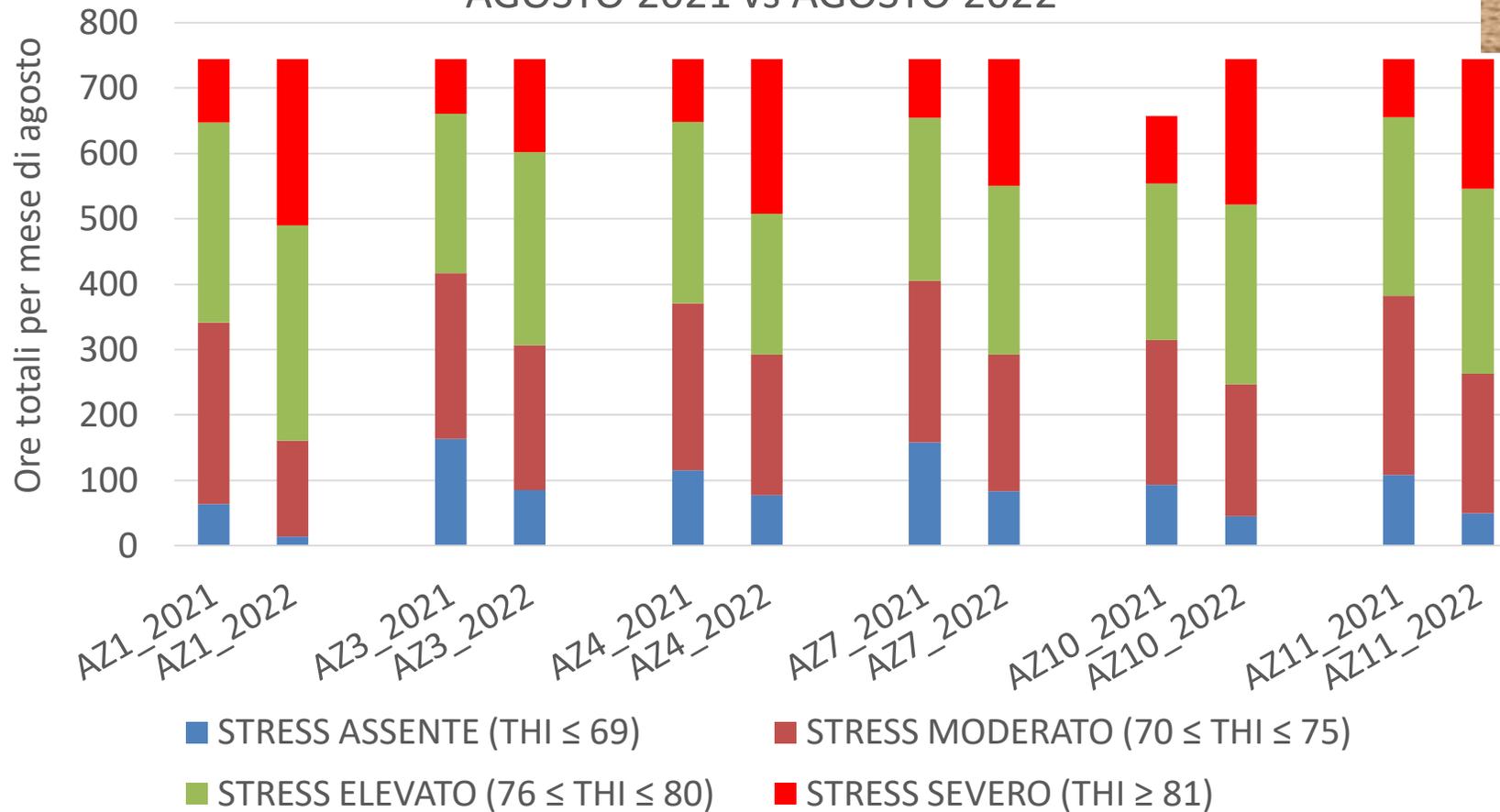
<sup>‡</sup>Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per la Climatologia e Meteorologia applicata all'Agricoltura, 00186 Roma, Italy

<sup>§</sup>Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia Romagna, 25124 Brescia, Italy

# Effetto Onda di calore

Ore mensili di stress severo (6 stalle)

AGOSTO 2021 vs AGOSTO 2022



# Ondate di calore e mortalità



## The effect of heat waves on dairy cow mortality

A. Vitali,<sup>\*1</sup> A. Felici,<sup>†</sup> S. Esposito,<sup>‡</sup> U. Bernabucci,<sup>\*</sup> L. Bertocchi,<sup>§</sup> C. Maresca,<sup>‡</sup> A. Nardone,<sup>\*</sup> and N. Lacetera<sup>\*</sup>

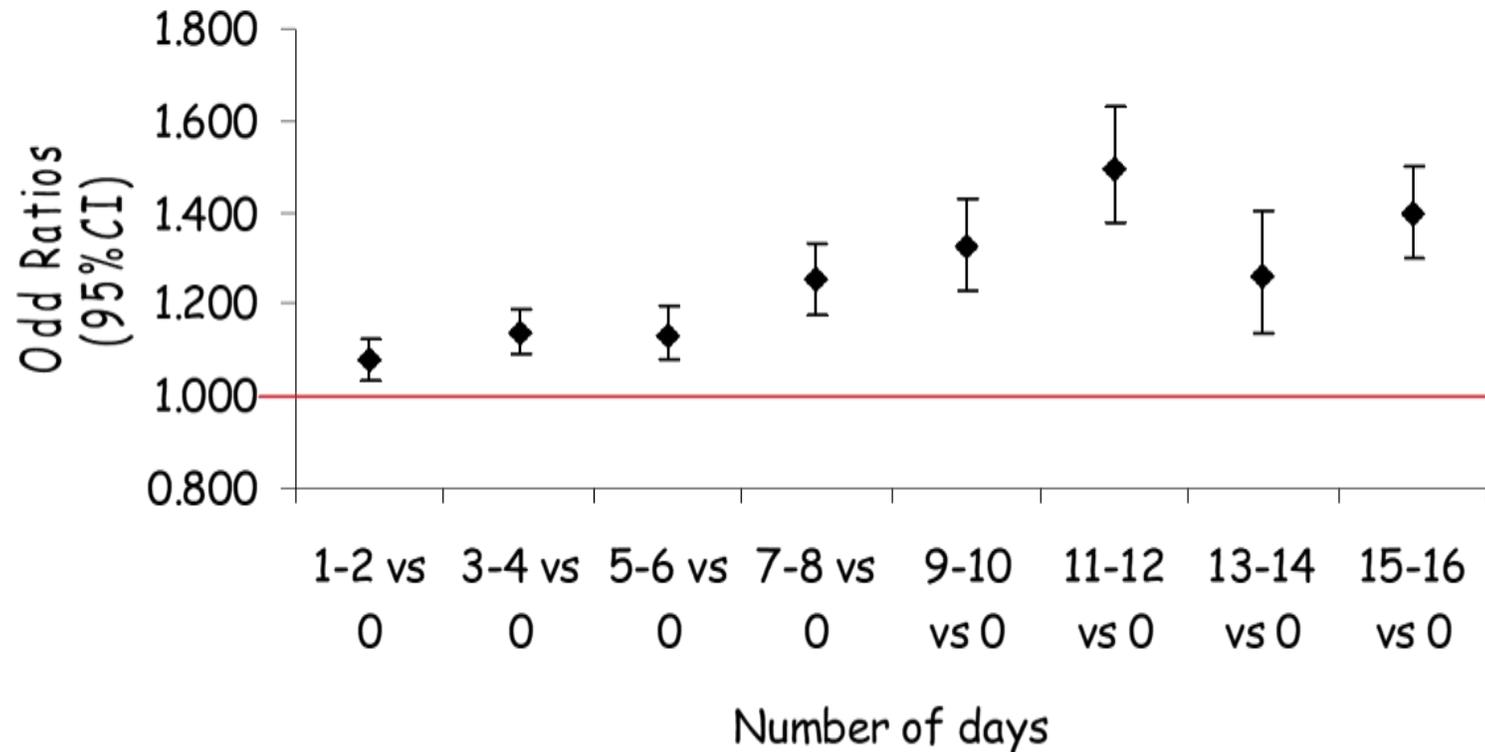
<sup>\*</sup>Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia, Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy

<sup>†</sup>Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, 06126 Perugia, Italy

<sup>‡</sup>Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per la Climatologia e Meteorologia applicata all'Agricoltura, 00186 Roma, Italy

<sup>§</sup>Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia Romagna, 25124 Brescia, Italy

## Risk of death/wave length



# Stress da caldo: Riposta alle onde di calore

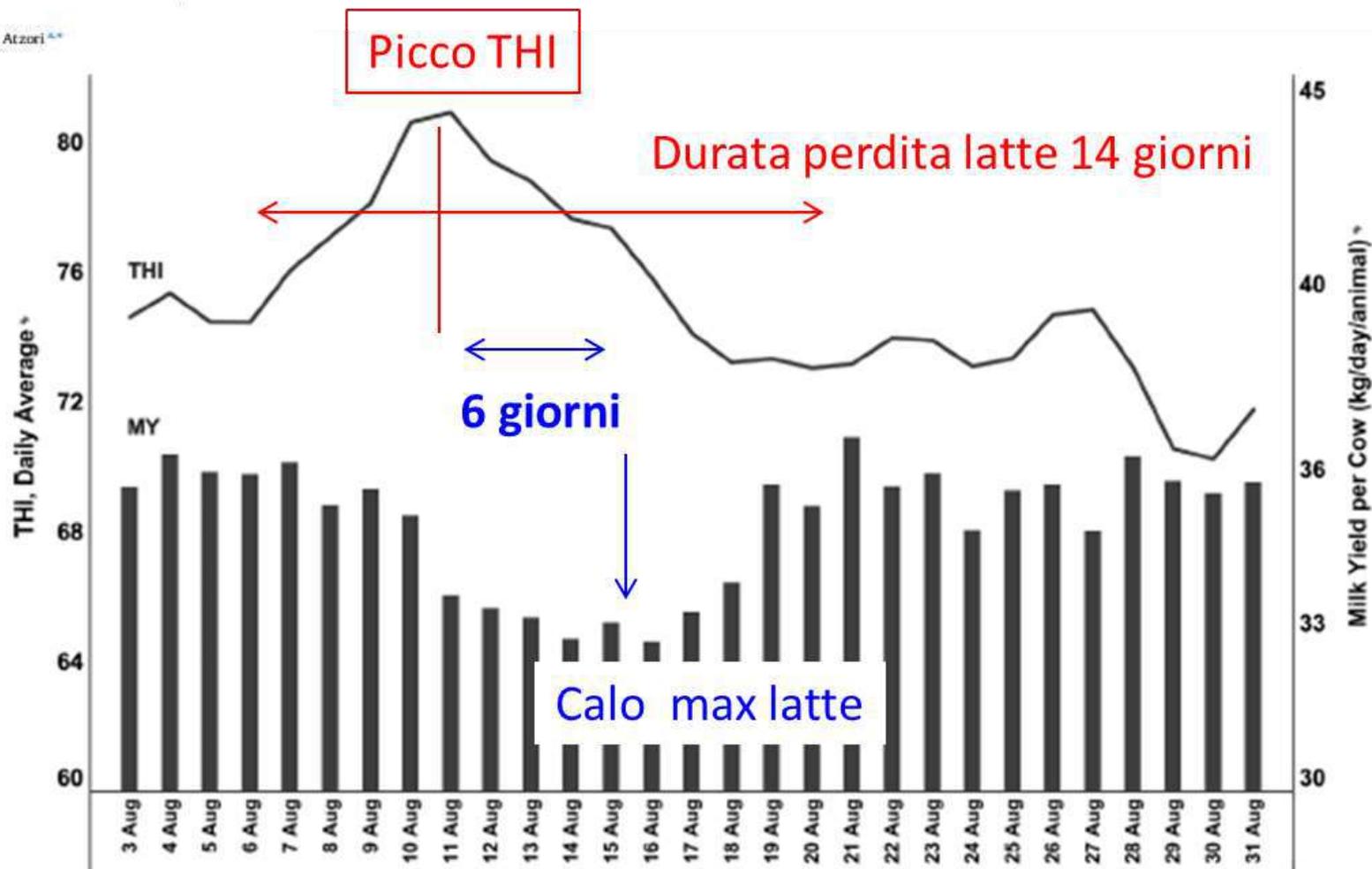


Perdita latte media giornaliera = 4%  
Dal calo al recupero = 14 giorni

A system dynamics approach to model heat stress accumulation in dairy cows during a heatwave event

R. Cresci<sup>a,b,c</sup>, B. Atamer Balkan<sup>a</sup>, L.O. Tedeschi<sup>c</sup>, A. Cannas<sup>a</sup>, A.S. Atzori<sup>a,\*</sup>

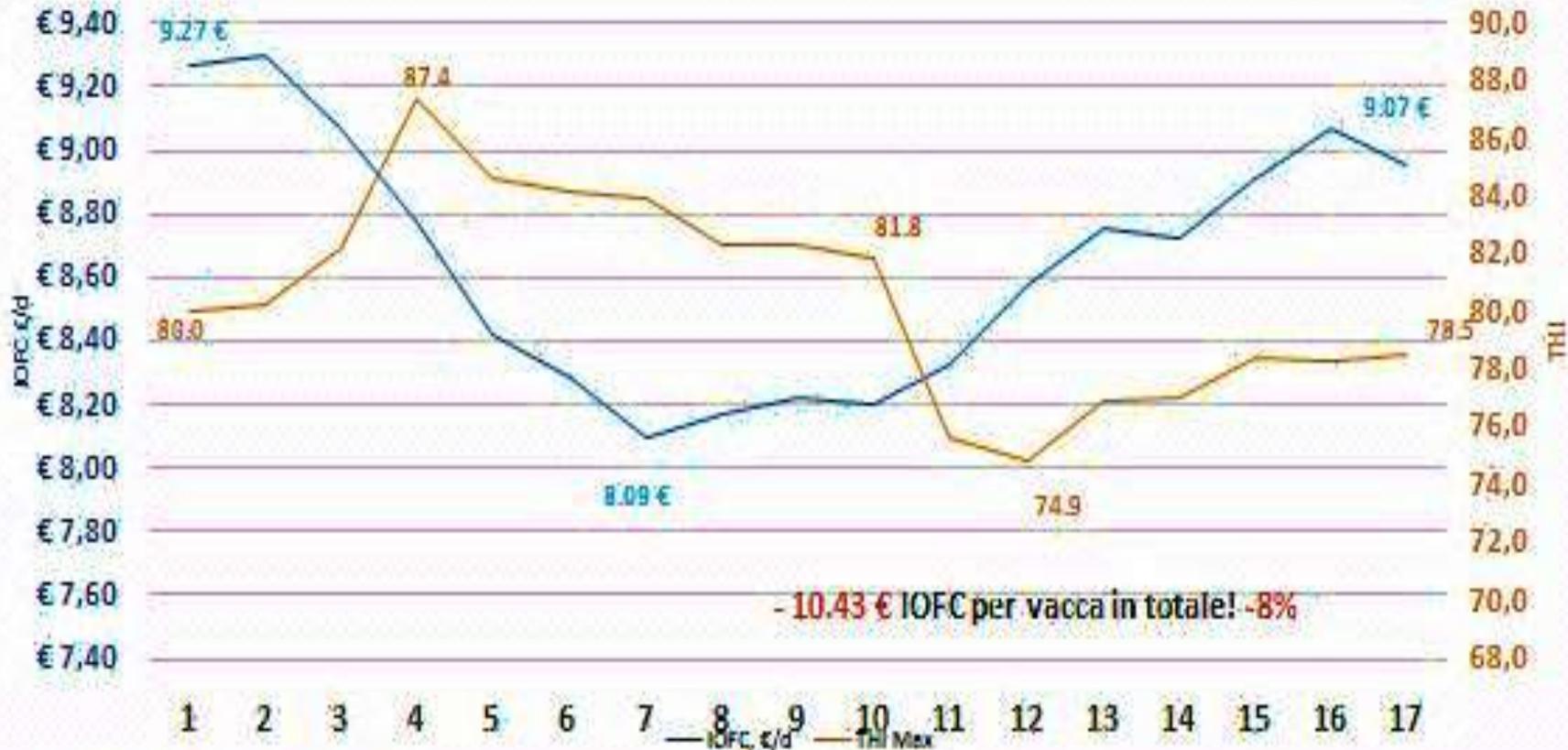
N= 8 aziende robot, media delle singole curve (circa 1400 capi)



Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024  
Fig. 2. Average of reported temperature-humidity index (THI) values and milk yield (MY) data from the studied Holstein dairy cattle farm, August 2021.

# Stress da caldo: Riposta alle onde di calore

## Andamento di IOFC e THI massimo nelle ondate di calore



- 10.43 € IOFC per vacca in totale! -8%

Produzione al giorno 1: 34l  
Costo SS unifeed 0.42 €/kg  
Costo SS mangime robot 0.54 €/kg

Sechi e Atzori, 2024

Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024



PROGETTO CLIMALAT  
(PSR SARDEGNA)



N= 8 aziende  
robot, media

# Tecnologie per l'adattamento alle onde di calore

---

## Nutrizionale:

- Migliorare digeribilità e ingeribilità delle diete (qualità fibra)
- Studiare additivi e biocomposti per la dissipazione del calore: a) Vasodilatatori, b) Antiossidanti (capsaicina, tè verde, cacao, etc; Sejian et al., 2017; Bernabucci et al., 2023)
- Modulatori delle fermentazioni ruminali (Sejian et al., 2013)
- Controllo ingestione acqua e bilancio idrico



# Tecnologie per l'adattamento alle onde di calore

**Microclima** → focus sulla Efficacia della dissipazione

- Migliorare gli indicatori → Il THI – Heat Load non bastano più
  - Trovare indicatori basati sulla risposta animale
  - (calo produttivo, temperatura, comportamento, ruminazione, acidi grassi De Novo)
- ii) Protocolli efficaci di regolazione del microclima e basso impatto
- Pochi sprechi di energia ed acqua
- Protocolli che agiscono quando la vacca ha caldo, non con alto THI
- Raffrescamento vs ventilazione
- iii) Verifica della risposta animale (Modelli matematici e IA, Latte, Sensori temperatura, Telecamere, Boli ruminali)



# Stress da caldo (adattamento medio periodo)

- Efficienza riproduttiva
  - Programmazione dei parti primipare → contro stagionalità conferimenti
  - Protocolli di sincronizzazione → aumento fertilità estiva
  - Embryo transfer → gravidanze estive

## Controllo epigenetico

- limitare stress da caldo in gravidanza
  - al concepimento = ridotta fertilità (Succu et al. 2021)
  - in asciutta = ridotta produzione di figlie e nipoti e pronipoti (Frisona, Dahl et al 2020; Pezzata Rossa, Macciotta et al., 2023)



# Stress da caldo (lungo periodo selezione genetica)

PROGETTO CLIMALAT  
(PSR SARDEGNA)



- Indici stress da caldo ANAFI già disponibili sulla base delle analisi e relazioni con il THI
- Introduzione di geni termotolleranza (gene Slick) da razze adattate (Es: Gir, Zebuine)

*Marcatori Genomici trovati di recente sulla tolleranza alle onde di calore (n = 700 vacche Frisone) (Atzori, Cresci e Cesarani 2024, dbp)*

	Primipare	Pluripare	Marcatore SNP	Cromosoma	Ereditabilità	Ripetibilità
<b>Produzione latte, litri/d</b>	32.97±7.98	37.71±11.67				
<b>Latte perso %</b>	21.21±13.86	-23.27±16.82	<b>BovineHD1400010237</b> <b>Hapmap39390-BTA-22146</b>	14 -19	0.08±0.05	0.15±0.05
<b>Latte recuperato %</b>	14.19±12.98	15.23±14.72	<b>BovineHD2300011504</b>	23	0.07±0.04	0.12±0.05
<b>Tempo di recupero, giorni</b>	2.07±2.7	2.21±3.56	<b>29 SNP</b>	1-3-4-6-7-8-15-17 -18-20-23-26-27-29	0.04±0.03	0.11±0.05



# PROGETTO NODES

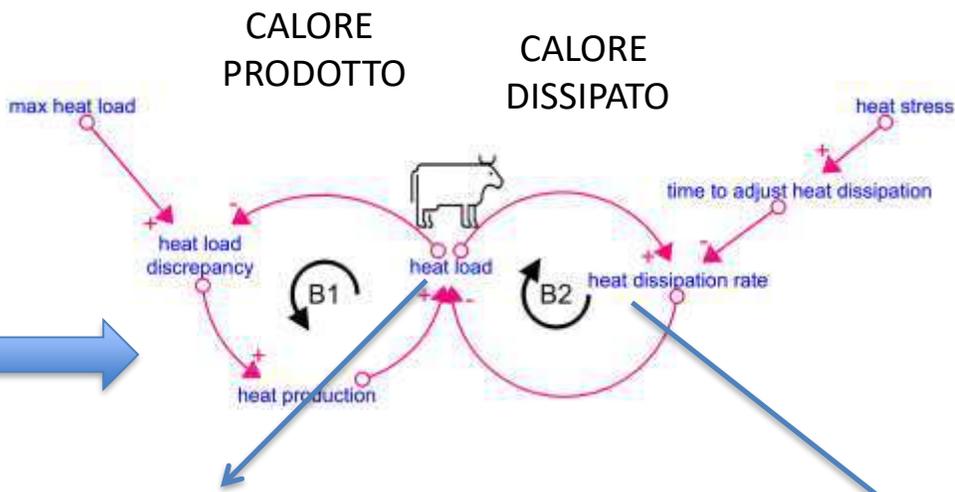


Atzori A.

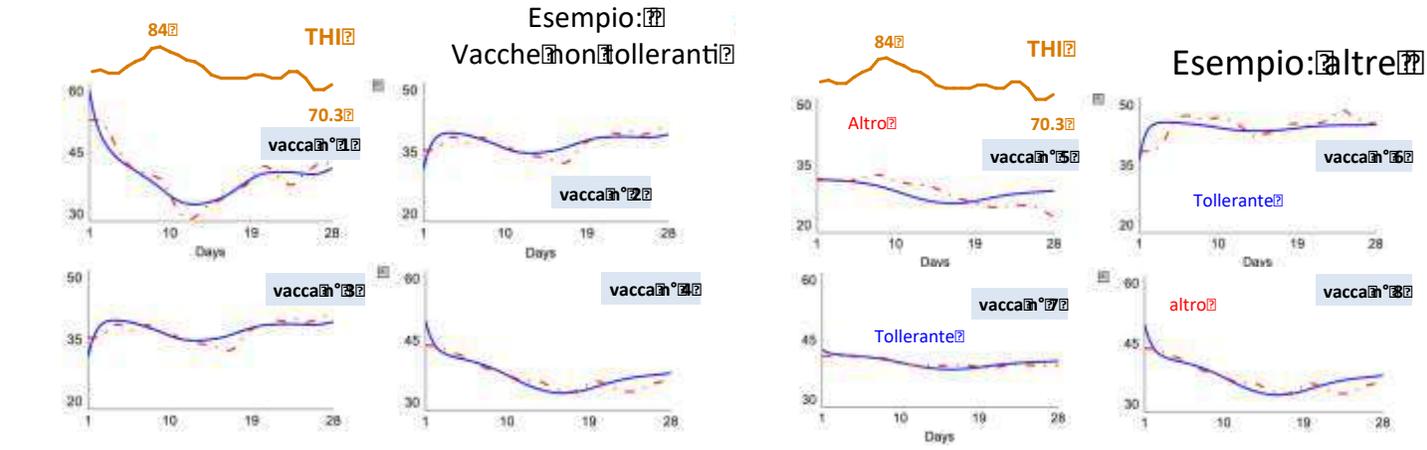
Barbato G.

Gallo A.

Tedeschi L.O



Stima parametri di termoregolazione



Parametri di termoregolazione		Vacche con calo latte		Altre		P
		media	SD	media	SD	
Carico di calore	Mcal	38.1	11.5	43.7	8.7	0.12
Carico max di calore	Mcal	80.2	11.7	75.8	14.3	0.23
Tempo di termoregolazione	giorni	2.3	0.4	1.8	0.6	0.02
Tempo per la dissipazione	giorni	0.9	0.5	0.9	0.6	0.50
Aumento fabbisogni mantenim.	Mcal	1.5	1.0	1.4	1.0	0.50

# Studio del grado di implementazione (consapevolezza)

ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE  
2020, VOL. 19, NO. 1, 997–1014  
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1809540>



REVIEW ARTICLE

OPEN ACCESS

## The genetics of phenotypic plasticity in livestock in the era of climate change: a review

Giacomo Rovelli<sup>a</sup> , Simone Ceccobelli<sup>b</sup> , Francesco Perini<sup>a</sup>, Eymen Demir<sup>a,c</sup> , Salvatore Mastrangelo<sup>d</sup> , Giuseppe Conte<sup>e</sup> , Fabio Abeni<sup>f</sup> , Donata Marletta<sup>g</sup>, Roberta Ciampolini<sup>h</sup> , Martino Cassandro<sup>i</sup> , Umberto Bernabucci<sup>j</sup> and Emiliano Lasagna<sup>a</sup>

**Table 2.** Adaptation measures adopted by breeders to improve the microclimate of livestock (Pirlo and Caré 2013; O'Brien et al. 2020).

Adaptation measures	Forthcoming implementation, %	Already implemented, %	Unplanned implementation, %
Structural investments to improve the microclimate (insulation of stables cooling systems)	11.1	86.2	2.7
Alternative cultural techniques (seeding programming)	15.9	40.1	44.0
Research and development for the introduction of breeds resistant to heat stress	20.4	20.7	59.0
Production insurance coverage to face the losses due to extreme climate change	11.1	55.7	33.2
Use of innovative technologies (weather warming systems)	18.0	17.1	65.0

# Adattamento è una azione di sistema (settore)

Bisogna attuare una azione di settore

Strategie tecniche

Strategie di monitoraggio climatico e aziendale

Controllo effetti inattesi (one health)

Innovazione e formazione

Politiche di adattamento



Fig. 20.1 Different adaptive strategies to sustain sheep production in the changing climate scenario

Sejian et al., 2016

# Conclusioni

- Impatto della zootecnia abbastanza basso (6-8%)
- La zootecnia da latte ha ridotto il 30% dell'impatto in 30 anni
- Le nuove metriche ribaltano lo scenario
- La quantificazione si esegue con calcolo **Life Cycle Assessment (LCA)** – Raccolta dati → calcolo → Indicatore ambientale → **Carbon footprint**
- La mitigazione degli impatti contribuisce alla **sostenibilità globale** (certificare performance)
- L'efficienza è la base della **convenienza aziendale** (via indiretta)
- **L'adattamento è necessario** → lavorare per l'adattamento nel lungo periodo



# Grazie per l'attenzione

[asatzori@uniss.it](mailto:asatzori@uniss.it)



[gpulina@uniss.it](mailto:gpulina@uniss.it)



**UNISS**  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI SASSARI



**SPIN-OFF di trasferimento tecnologico dell'Università di Sassari**

Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024