



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

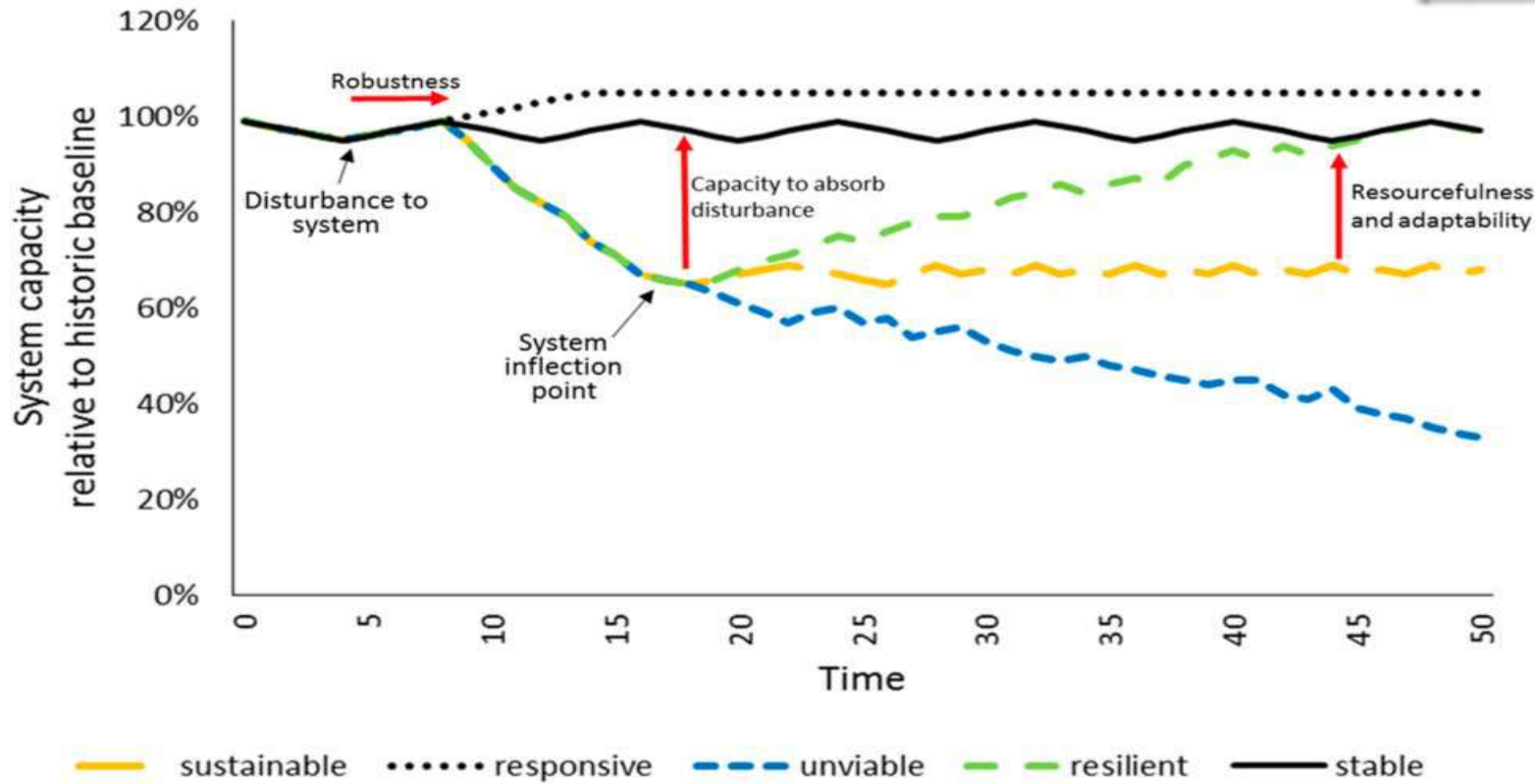
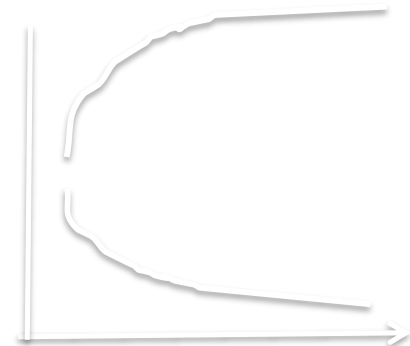
1. Il concetto di sostenibilità



Review

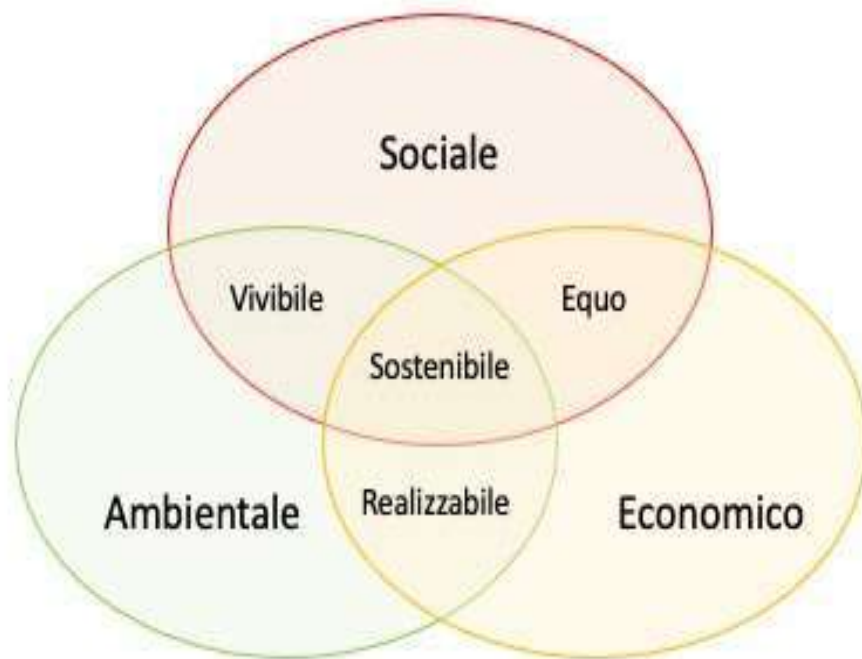
System Dynamics Modeling for Agricultural and Natural Resource Management Issues: Review of Some Past Cases and Forecasting Future Roles

Benjamin L. Turner ^{1,*}, Hector M. Menendez III ², Roger Gates ³, Luis O. Tedeschi ⁴ and Alberto S. Atzori ⁵



- 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

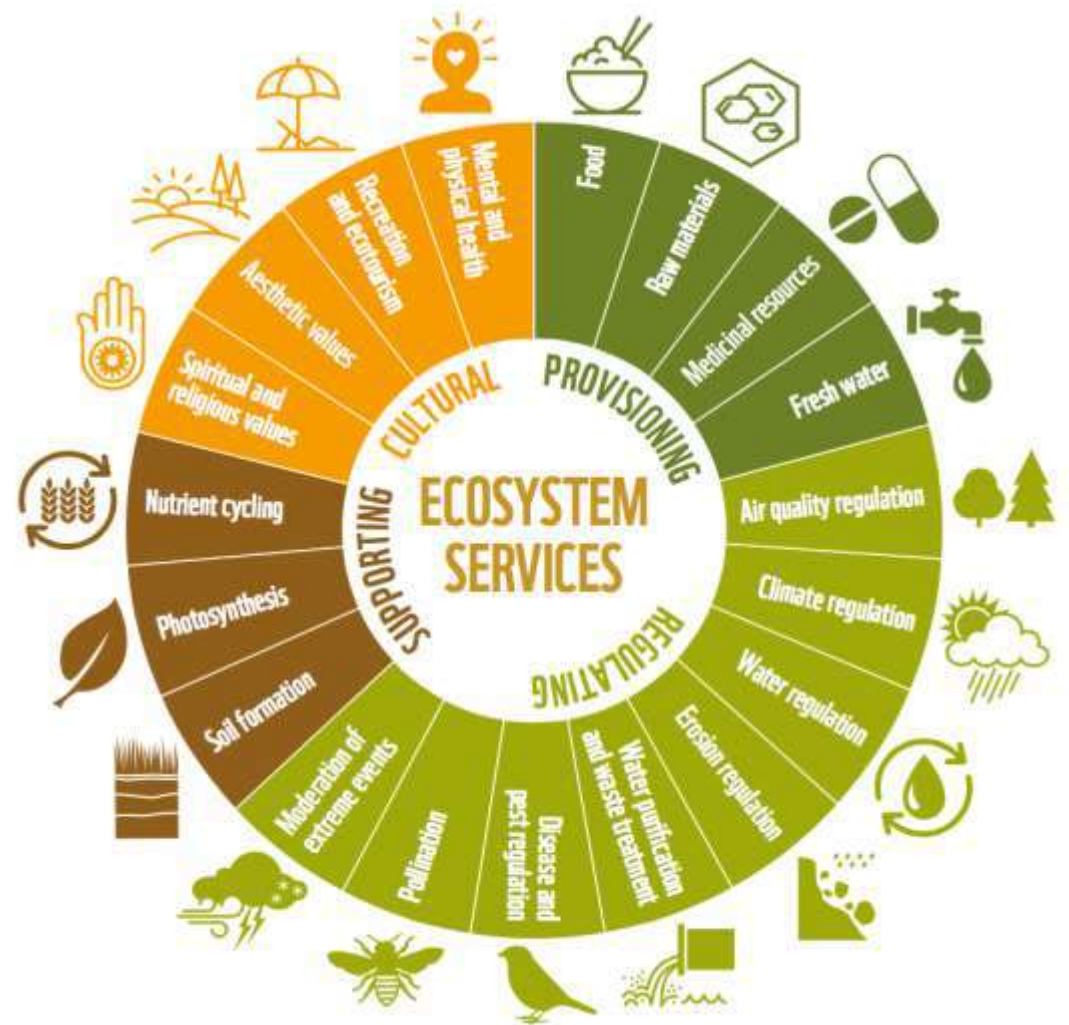
Dal 1 gennaio 2026
Piccole e medie imprese
devono presentare un bilancio di sostenibilità

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)

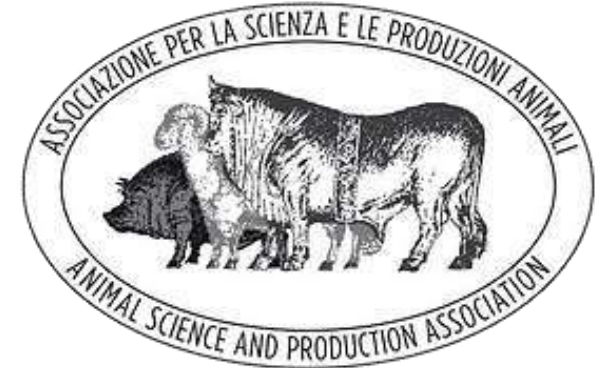
- Quanto ci conviene contribuire alla riduzione dell'impatto?

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 Atzori¹**, **Giulia Ferronato²**, **Antonio Gallo³**

+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?

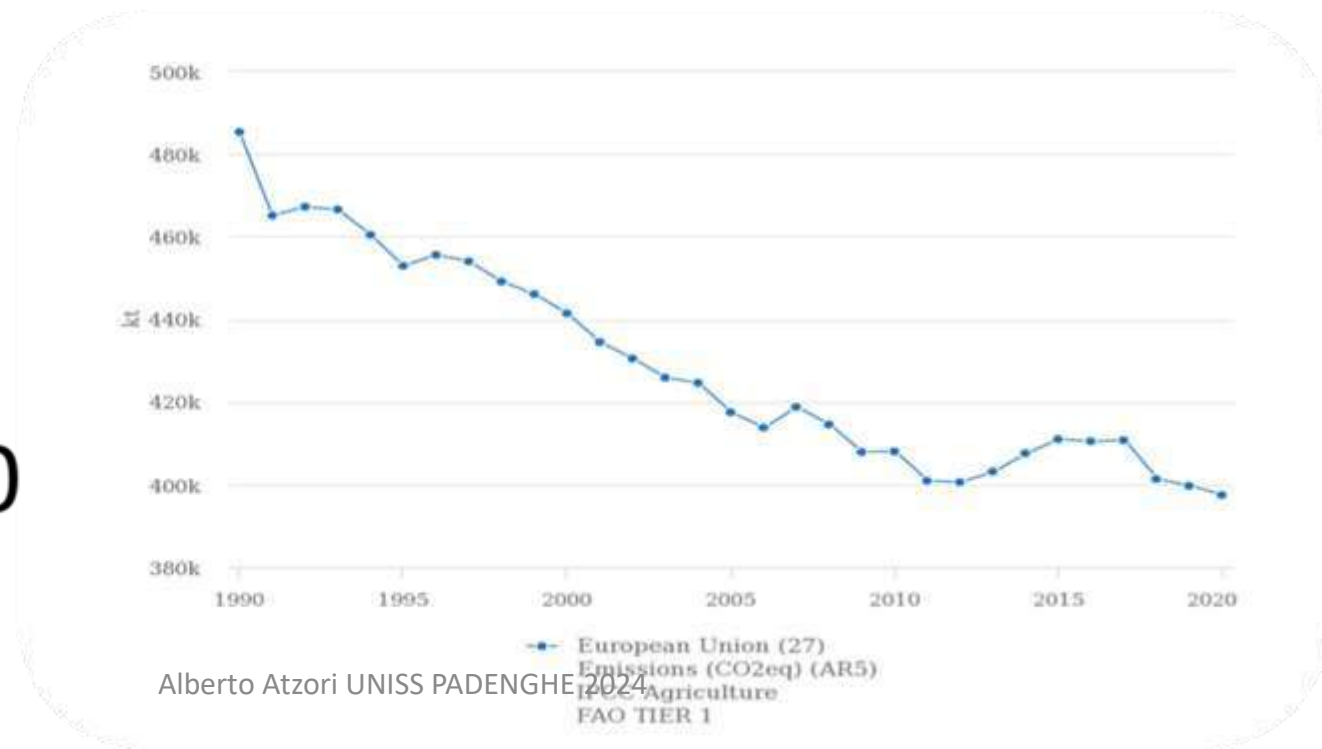


EMISSIONI IN EU-27

(in CO₂e)

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:

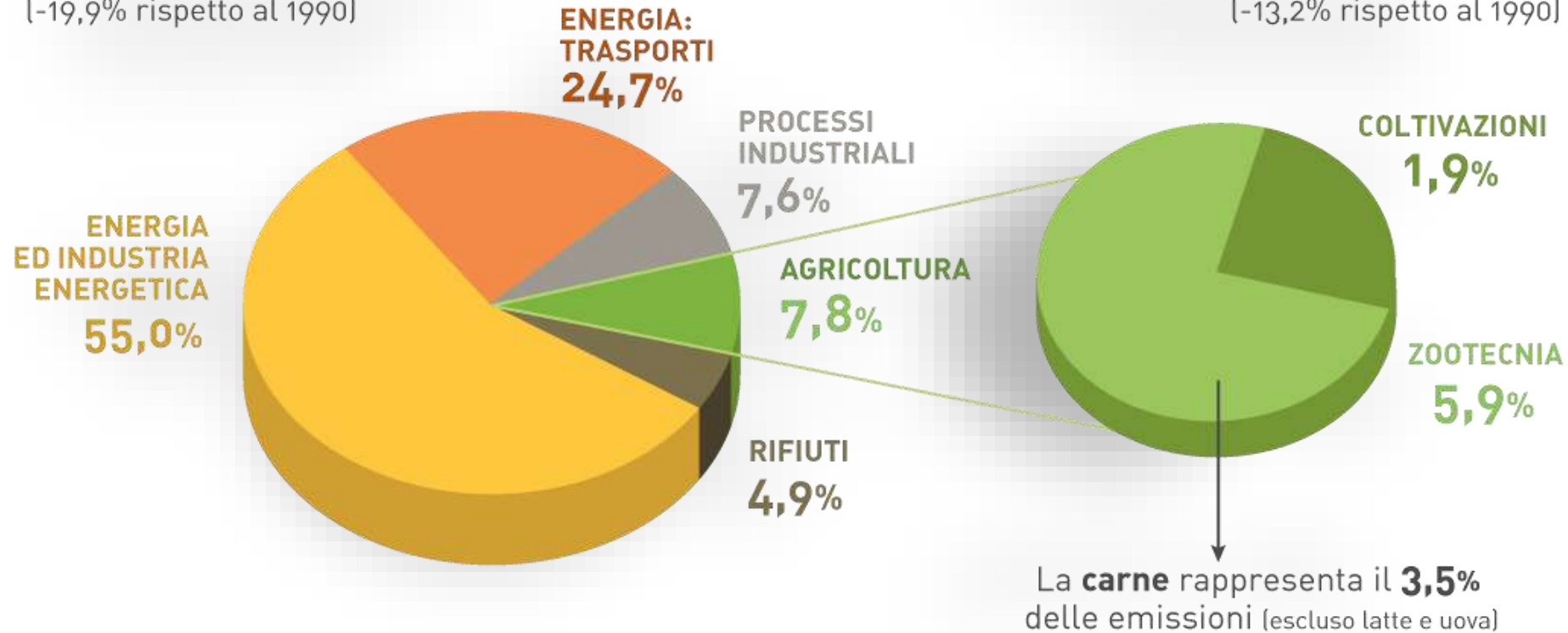
417,6 mln t CO₂ eq.

[-19,9% rispetto al 1990]

EMISSIONI IN AGRICOLTURA:

32,7 mln t CO₂ eq.

[-13,2% rispetto al 1990]



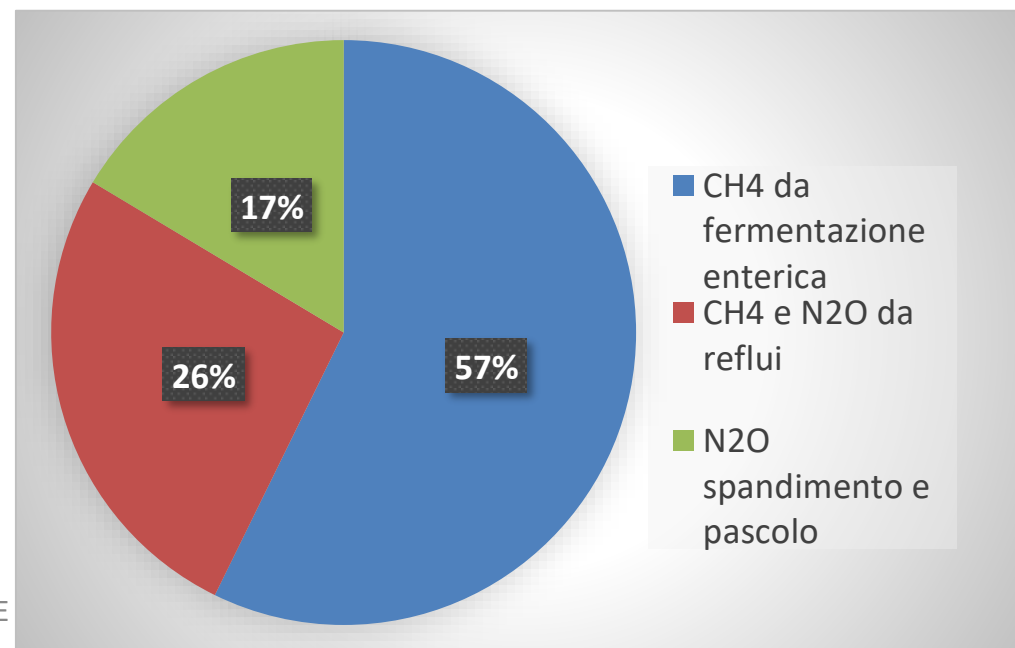
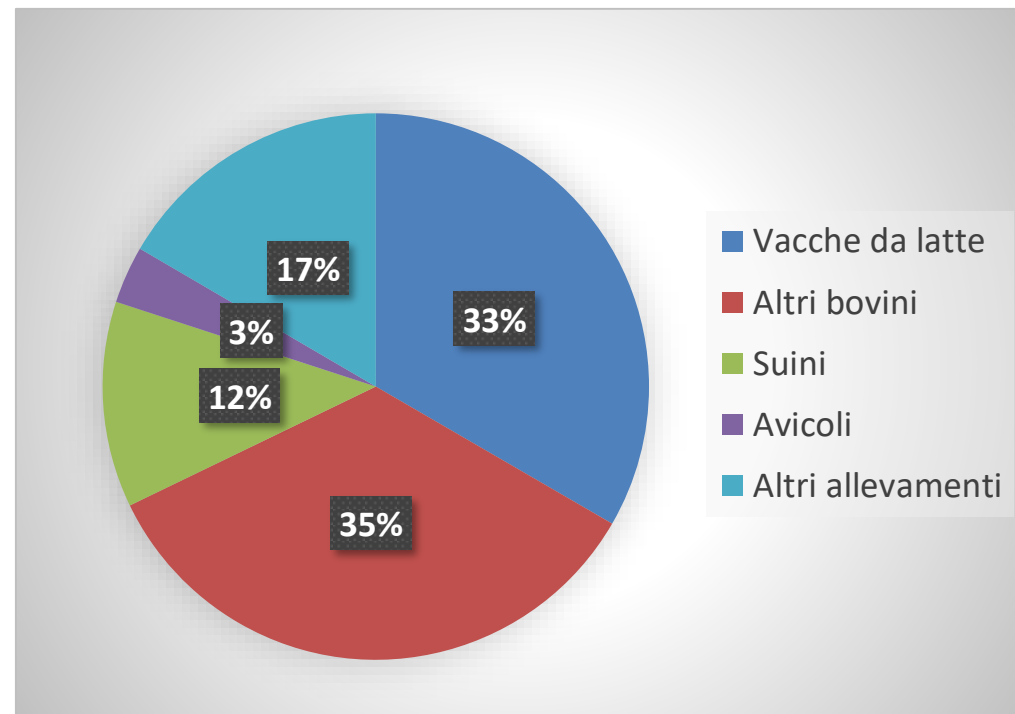
LE EMISSIONI IN ITALIA

(ISPRA 2023)

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

Totale emissioni
23,638 Mt di CO₂e

Alberto Atzori UNISS PADENGHE



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

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

Un gas vale

Il metano (CH₄)

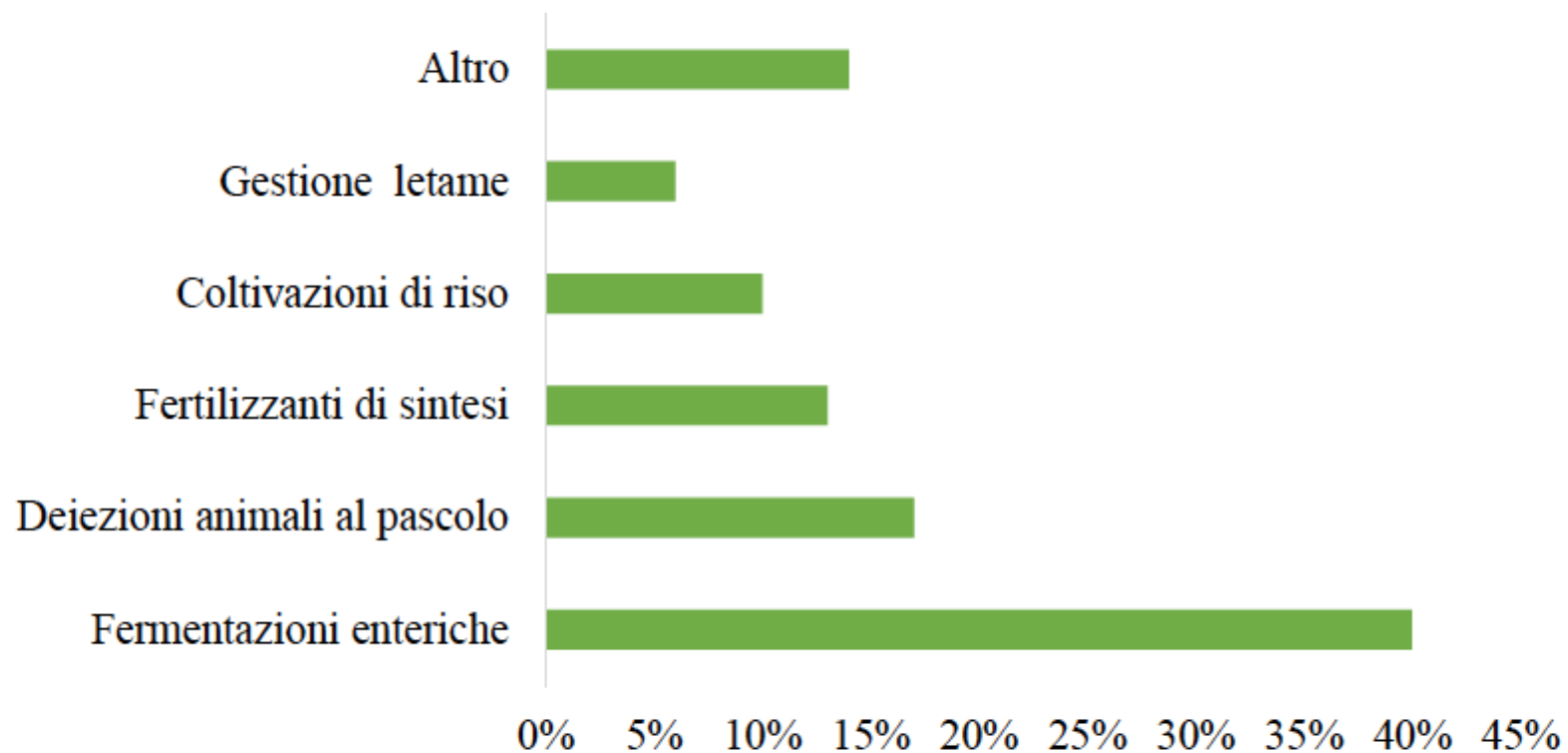
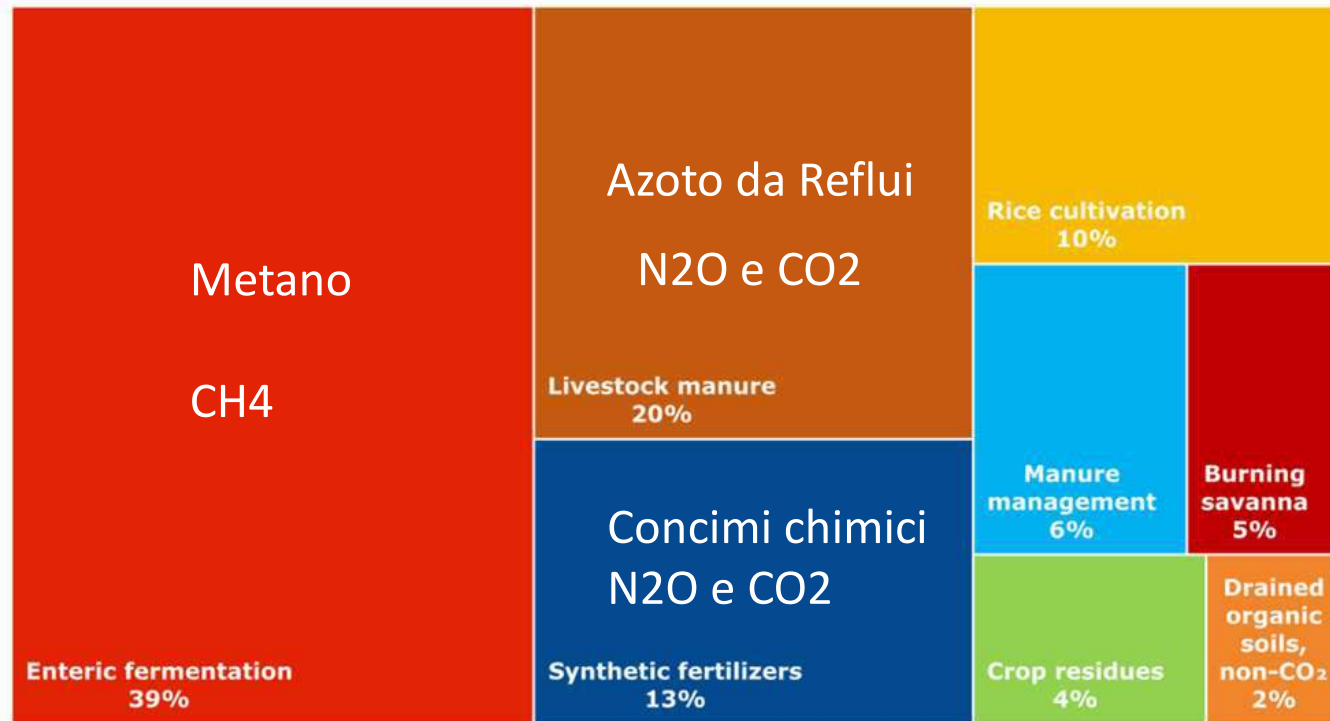


Figura 6. Ripartizione delle emissioni di *green houses gases* (GHG) in funzione di differenti attività agricole. (Fonte: IPCC, 2014).

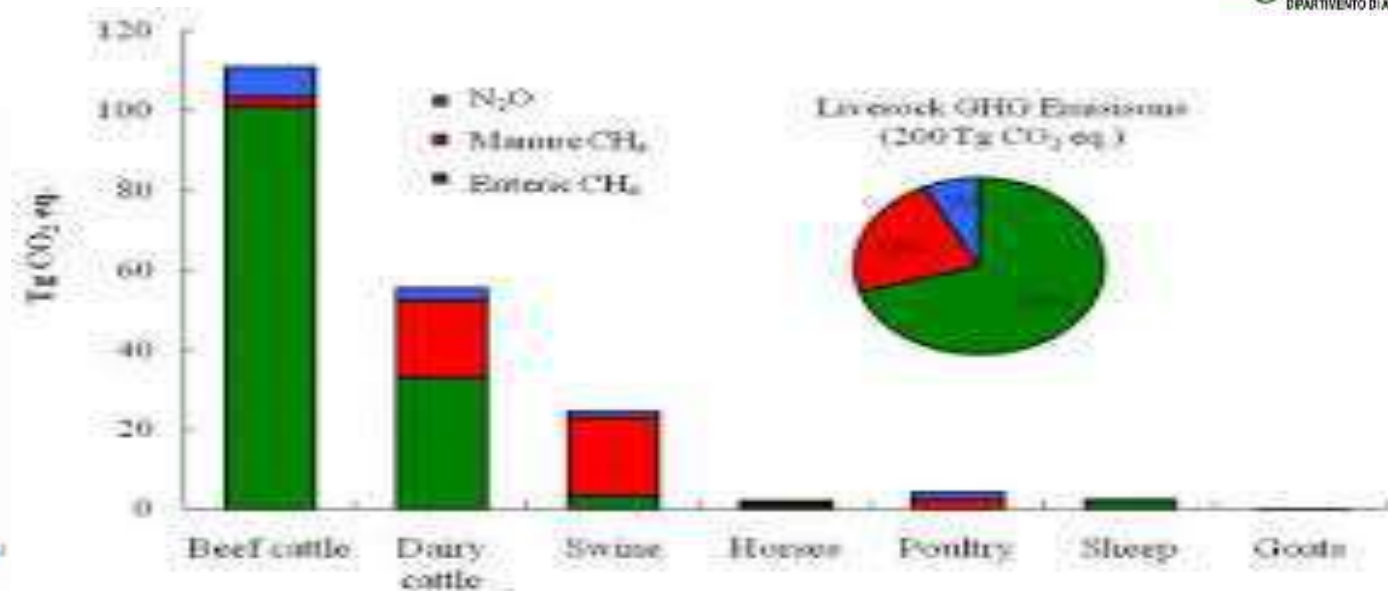
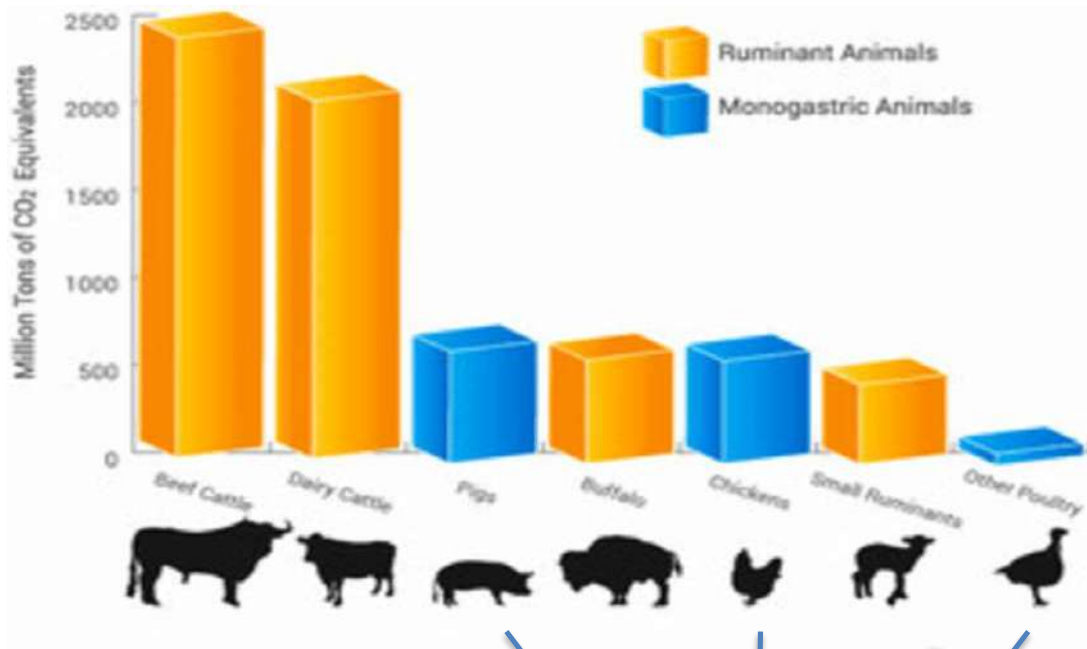
Sfortunatamente l'allevamento animale è responsabile dei 2/3 di emissioni **non CO₂** dell'agricoltura

Figure 2. Contribution of crops and livestock activities to total non-CO₂ emissions from agriculture in 2018 (5.3 Gt CO₂eq)

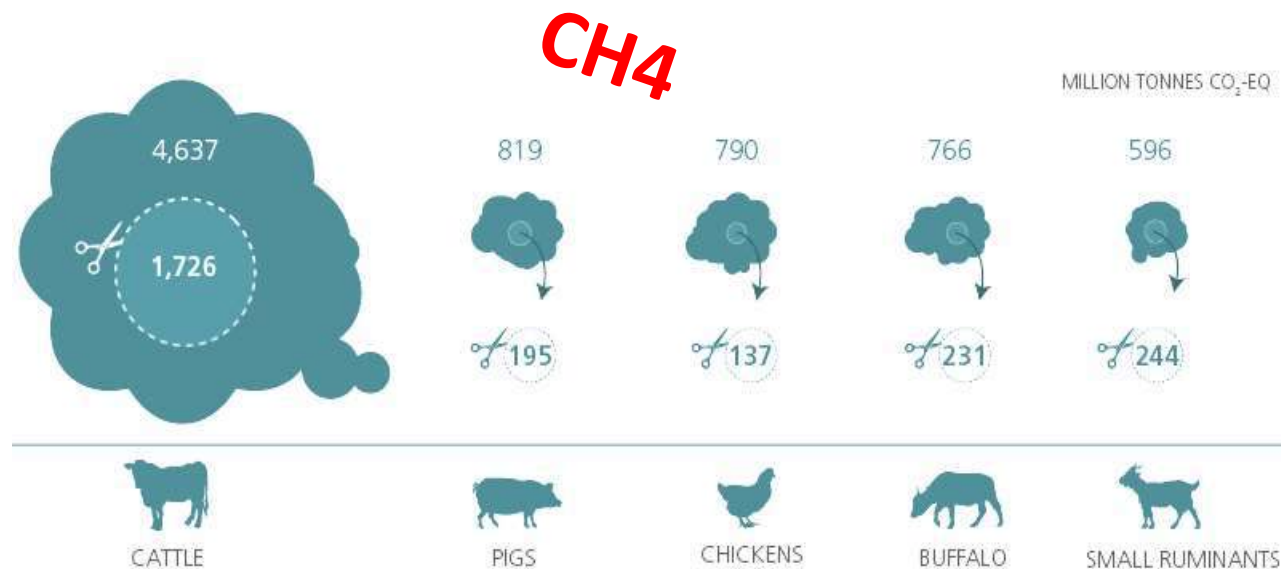


Source: FAOSTAT 2020.

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 (CH₄) emissions calculated using the metrics proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which measure its global warming potential in 100 years (GWP₁₀₀) expressed as carbon dioxide equivalents (CO₂e), 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 CH₄, and long living climate pollutants (LLCP), such as carbon dioxide (CO₂), which measure the warming equivalent (we) effect relative to that of CO₂ in a given time frame (GWP*) and expressed as CO₂we. The GWP* was applied to CH₄ emissions from all Italian livestock supply chains and compared with GWP₁₀₀ 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 CH₄ emissions with the greatest re-dimensioning for non-dairy cattle (-53786 kt of CO₂we of calculated with GWP* compared to +66437 kt of CO₂e estimated with the GWP₁₀₀ method). The total cumulative contribution of Italian livestock production to global warming over the past 10 years, including the nitrous oxide (N₂O) emissions, has been greatly negative (-48759 kt of CO₂we) compared to the data calculated using the GWP₁₀₀ method (+206091 kt of CO₂e). In conclusion, the application of GWP* metric to CH₄ 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 CH₄ emission, with the ruminants (except buffaloes) being the major contributor to this positive effect.

ART
Rece
Rev
Acc

KEY
Met
grea
wan
met

HIGHLIGHTS

- The application of GWP* metric reduced the warming impact of CH₄ emissions of Italian dairy cattle, non-dairy cattle, sheep, goats, poultry and rabbits.
- The reduction of CH₄ 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 CH₄ emissions of all Italian livestock supply chains allowed to better identify the role of Italian livestock on climate change.

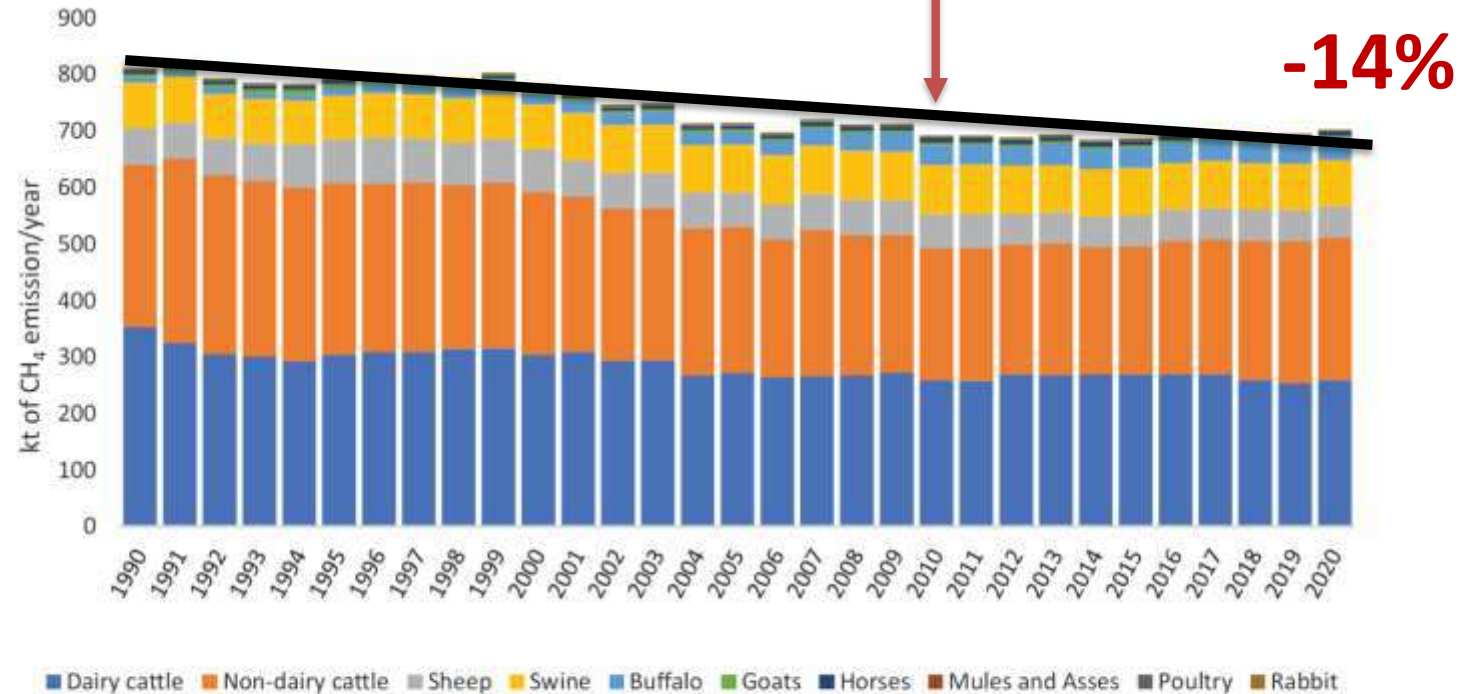


Figure 2. Livestock methane (CH₄) emissions in kilotons (kt) from 1990 to 2020 (Romano et al. 2021) from International Panel on Climate Change (IPCC)'s emission category 'enteric fermentation' and 'manure management systems' (IPCC 2019).

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 CO₂e

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

(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 CO₂ew

18,7 Mln t/anno

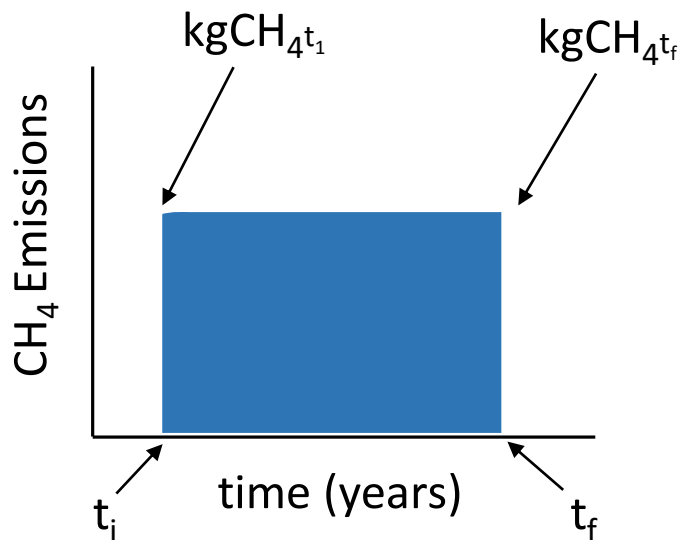
VS

-4,4 Mln t /anno



Compresa la CO₂e da N₂O

Riduzione del metano: benefici con nuove metriche

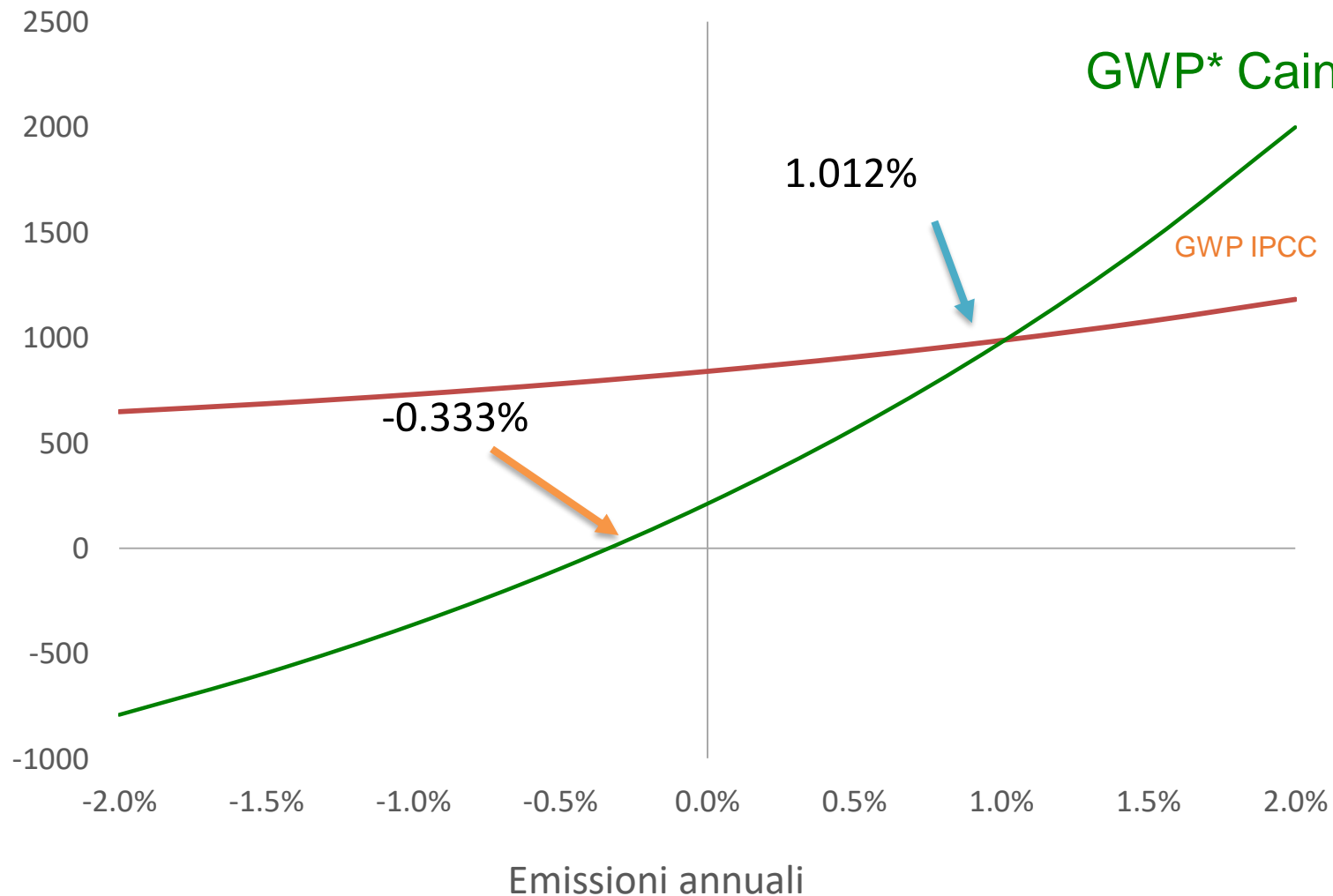


Variazione emissioni
(-2 a +2%)
in **30 years**,

Raffreddamento!

(Cain et al., 2019)

Accumulo CO₂ in 30 anni



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

LE NUOVE METRICHE

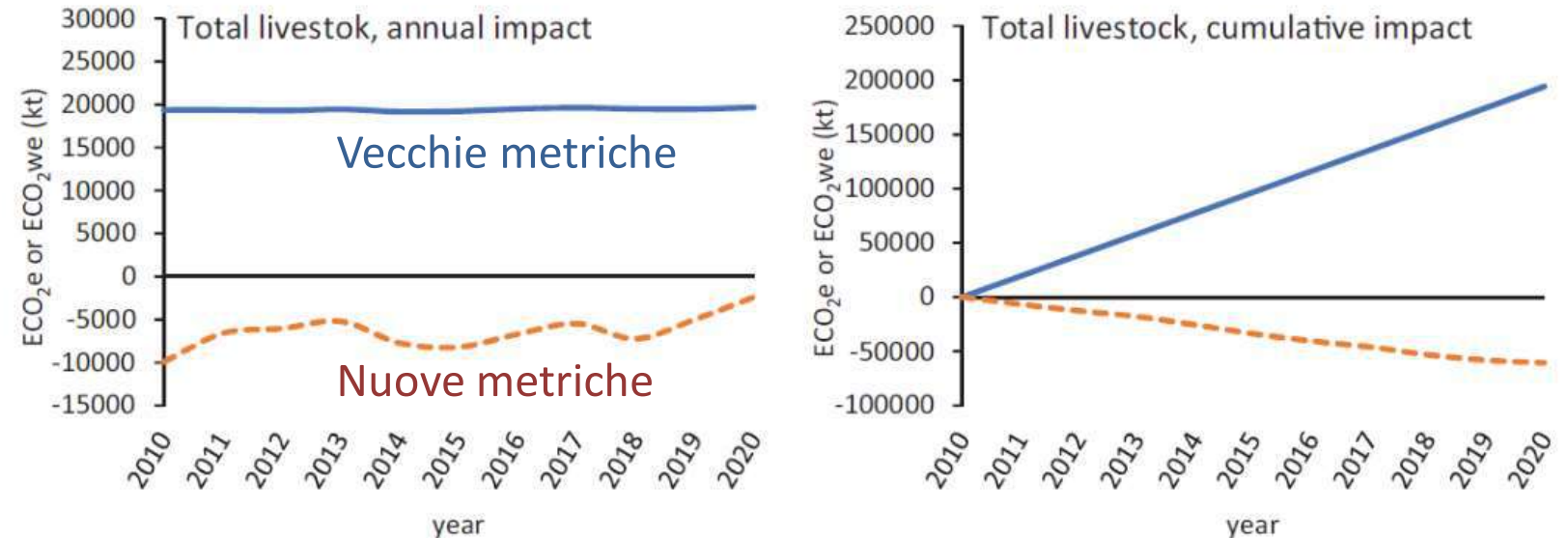
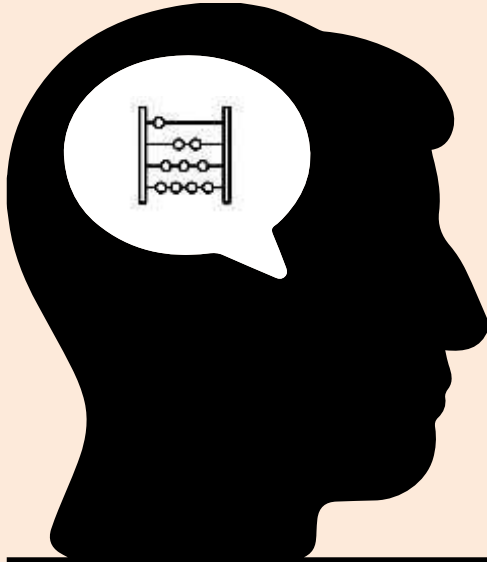
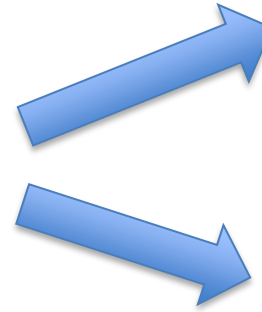


Figure 7. Total methane (CH₄) climate impact of Italian livestock (dairy cattle, non-dairy cattle, buffalo, sheep, goat, swine, horses, mule and asses, poultry, rabbits) from 2010 to 2020. Annual (left panel) and cumulative (right panel) methane emissions estimated as CO₂ equivalents (ECO₂e; blue solid lines) using the global warming potential (GWP), and as CO₂ warming equivalents (ECO₂we; 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 (CO₂, 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?

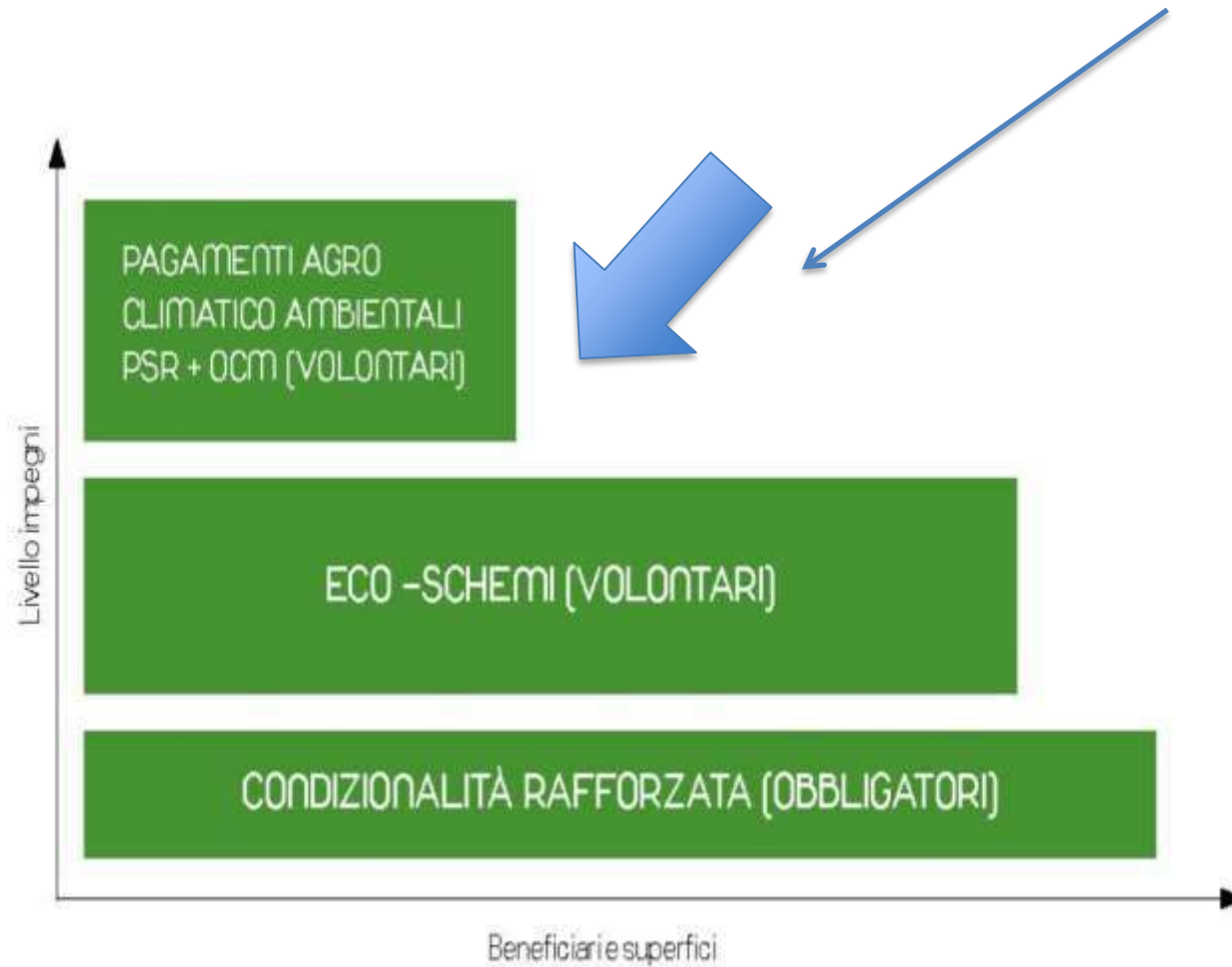
Convenienza aziendale o globale?

Opportunità?



Come misurare? Perché e come ridurre gli impatti?

Impatti (quantificabili e riconosciuti?)



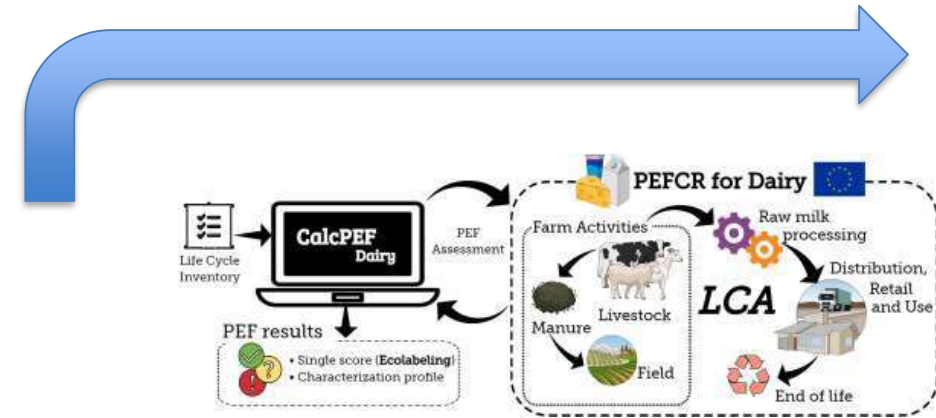
Mappare e quantificare!

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

Kg of CO_2

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 CO₂, €/kg of Milk

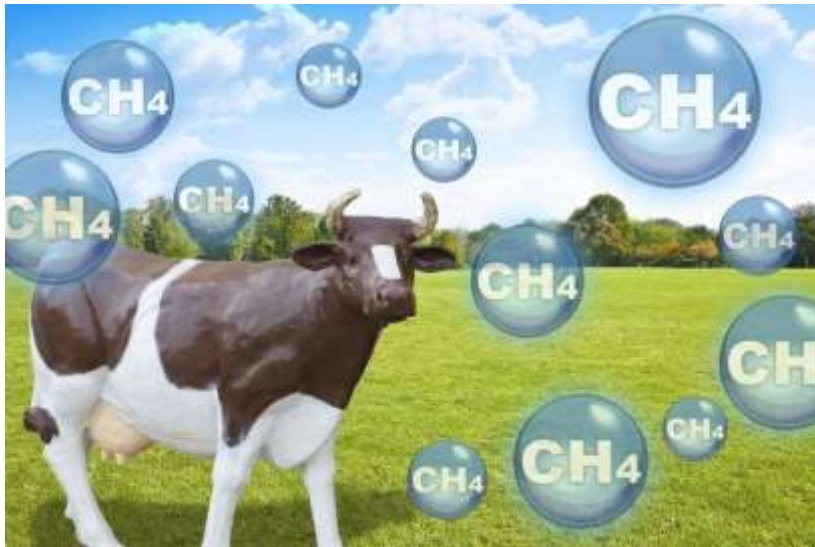
4. Sostenibilità aziendale

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

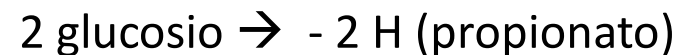
Perdita energetica (dal 5 al 10% dell'energia lorda; media 6.5%)

Foraggi → nella trasformazione a AGV determinano eccesso di Idrogeno (H) nel rumine che viene eliminato con la formazione di metano (CH₄) poi eruttato



Opera dei batteri metanogeni

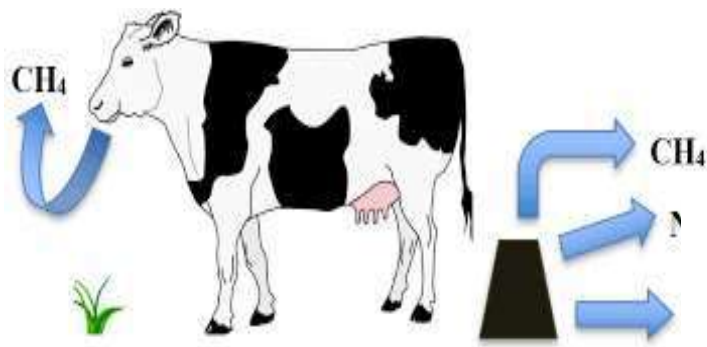
Concentrati → nella trasformazione a AGV determinano leggero consumo di idrogeno e riducono la produzione di metano (mitigazione non sostenibile)



Da dove derivano gli impatti

ANIMALI

CH₄



GWP 1 CH₄ = 28 CO₂eq

GWP* ...coming soon!

Biogenico e non biogenico...

GWP, Global warming potential

FERMENTAZIONE REFLUI

CH₄ e N₂O (anche da NH₃)

Volatiliz di gas, nitrif., denitrif.



PRODUZIONE ALIMENTI

Combustibili fossili, SINK C

CO₂



Concimi

N₂O e CO₂



1 CO₂ = 1 CO₂eq

1 N₂O = 267 CO₂eq



(IPCC, 2021)

ALIMENTI ACQUISTATI (7-35% delle emissioni)

Ad ogni alimento acquistato corrisponde un valore di emissione che dipende

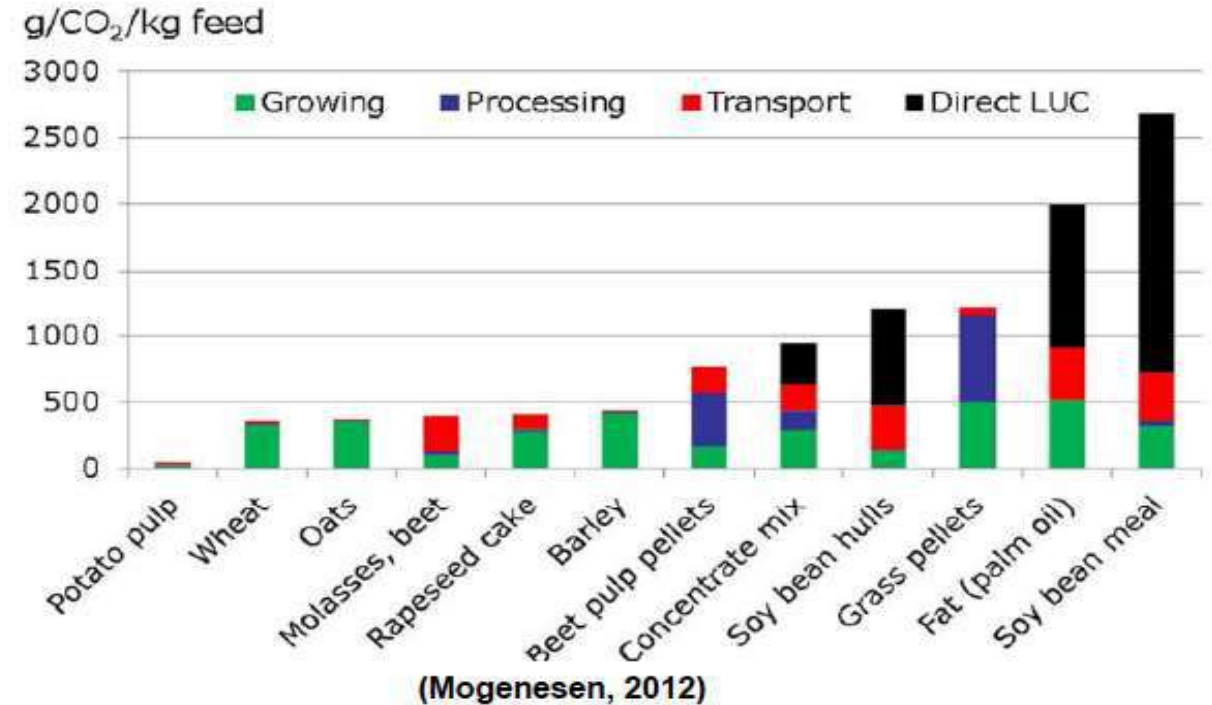
- Dal sistema di produzione
- Alimento e coltivazione (input, resa)
- Processo di lavorazione
- Dalla zona di produzione (Trasporto)

Importante la provenienza degli alimenti

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

Emissioni alimenti acquistati

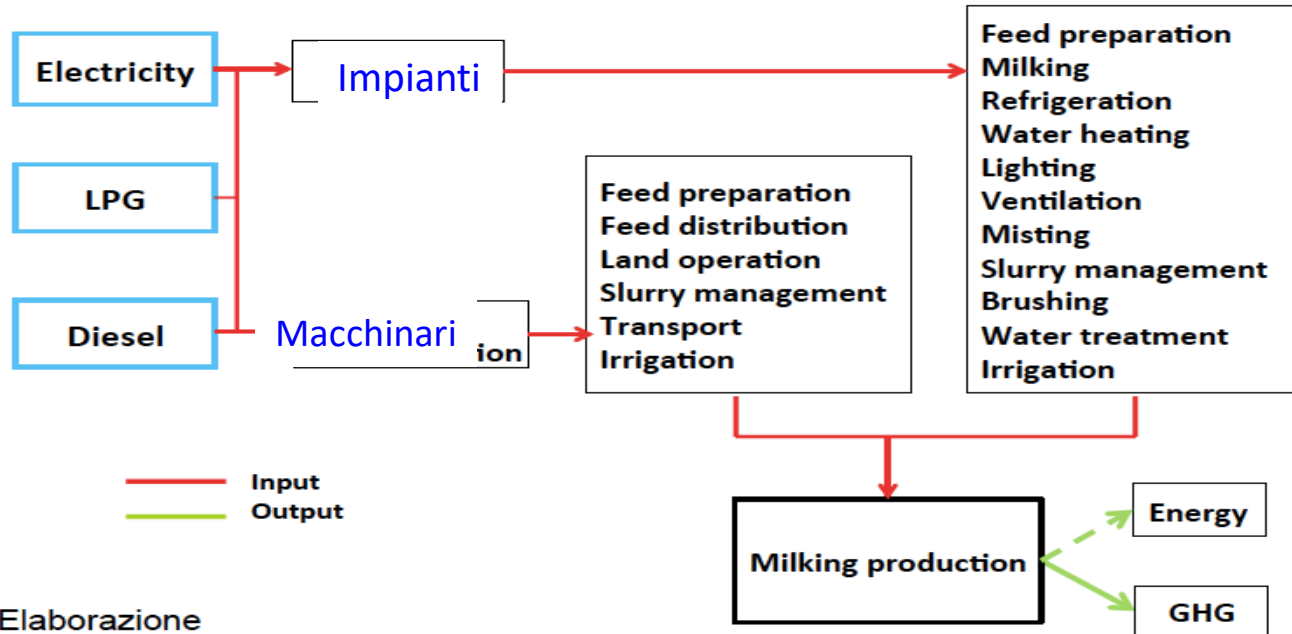
ES: 1000 kg di soia = 2000-2700 kg CO₂ attribuiti al sistema



Farina di mais locale: 0,5 kg di CO₂
Granella proteica locale: 0,4 kg di CO₂

Soia importata 2,67 kg di CO₂
Soia Italiana 2.05 kg di CO₂
Mangime commerciale: 0,8 kg di CO₂

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 PADERGNHE 2024

Consumo



Produzione



- 0.44 kg di CO₂/kWh elettrici (ISPRA, 2011);
- 3.54 kg di CO₂/kg per i consumi di gasolio,
 - 3.15 combustione (ISPRA, 2011)
 - 0.39 produzione (Rotz et al., 2010);
- 1.50 kg di CO₂/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

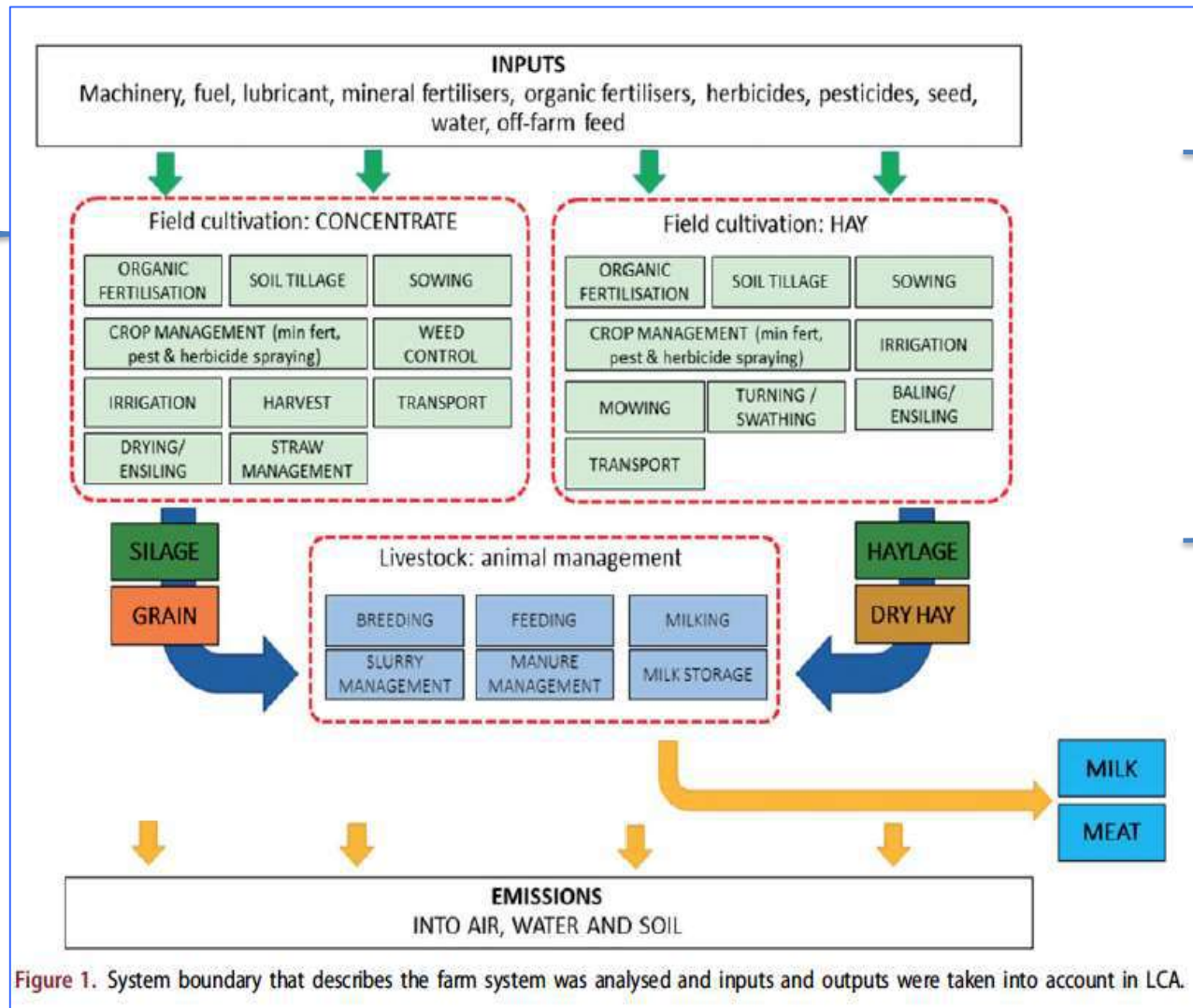


Figure 1. System boundary that describes the farm system was analysed and inputs and outputs were taken into account in LCA.



Ingegnerizzazione
e calcolo
su base aziendale



Metodi Internazionali e PEF - Category Rules

The infographic features the IDF logo at the top right. The main title is "2019 REFINEMENT" with a subtitle "2019 REFINEMENT TO THE 2009 PEF CATEGORY RULES FOR 'LIQUID DAIRY PRODUCTS AND DERIVATIVES'". It contains three hexagonal icons: a large one with "280" (The new method was prepared by 280 experts), a medium one with "47" (Authors from 47 countries participated in the preparation of this report), and a small one with "5" (The new method is composed of 5 authors: Ronald Bunting and Thomas Fuchs (EFSA), Michael van Duynhoven, Apollonia, Thomas van der Weijden, and Steve).

The cover features the eda logo at the top left and "2018 April" at the top right. The title is "Product Environmental Footprint Category Rules for Dairy Products". It includes a central graphic of a green footprint surrounded by logos of various stakeholders like Lidl, Coop, Rewe, and others. Below the graphic, it says "prepared by the Technical Secretariat: The European Dairy Association (EDA), ACTALIA, the Alliance for Beverage Cartons and the Environment (ABE), the Forest Environment and Energy Management Agency (EFMA), the Group, French Commission d'analyse et d'évaluation durable (CAED), Confédération Française Coopérative Laitière de la Seine (CFLS), Centre National Interprofessionnel de l'économie Laitière & Association de la Transformation Laitière Française (CNIEL/LATLA), Danone, FNE CNDLJC, the European Container Glass Federation (FCG), FORTUNA, International Dairy Federation (IDF), the Institut Français de l'élevage (IFE), REWE Group, and Unilever". At the bottom, it lists "Version number: Version 1.0 (accepted by the EF steering committee on 19 April 2018)", "Date of publication: 23 April 2018", and "Time validity: 31 December 2020".

The cover features a water drop icon with "479 2015" inside. The title is "Bulletin of the International Dairy Federation". The main text is "A common carbon footprint approach for the dairy sector" and "The IDF guide to standard life cycle assessment methodology". At the bottom, it says "This publication replaces IDF Bulletin 445/2010" and has the FIL IDF logo.

The cover features a collage of images related to dairy farming. The title is "PEFCR Feed for food producing animals". Below the title, it says "First public version" and "April 2018". At the bottom left, it says "210 x 297 mm".

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) = CO₂e Totale/Unità Funzionale



kg di CO₂e 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)

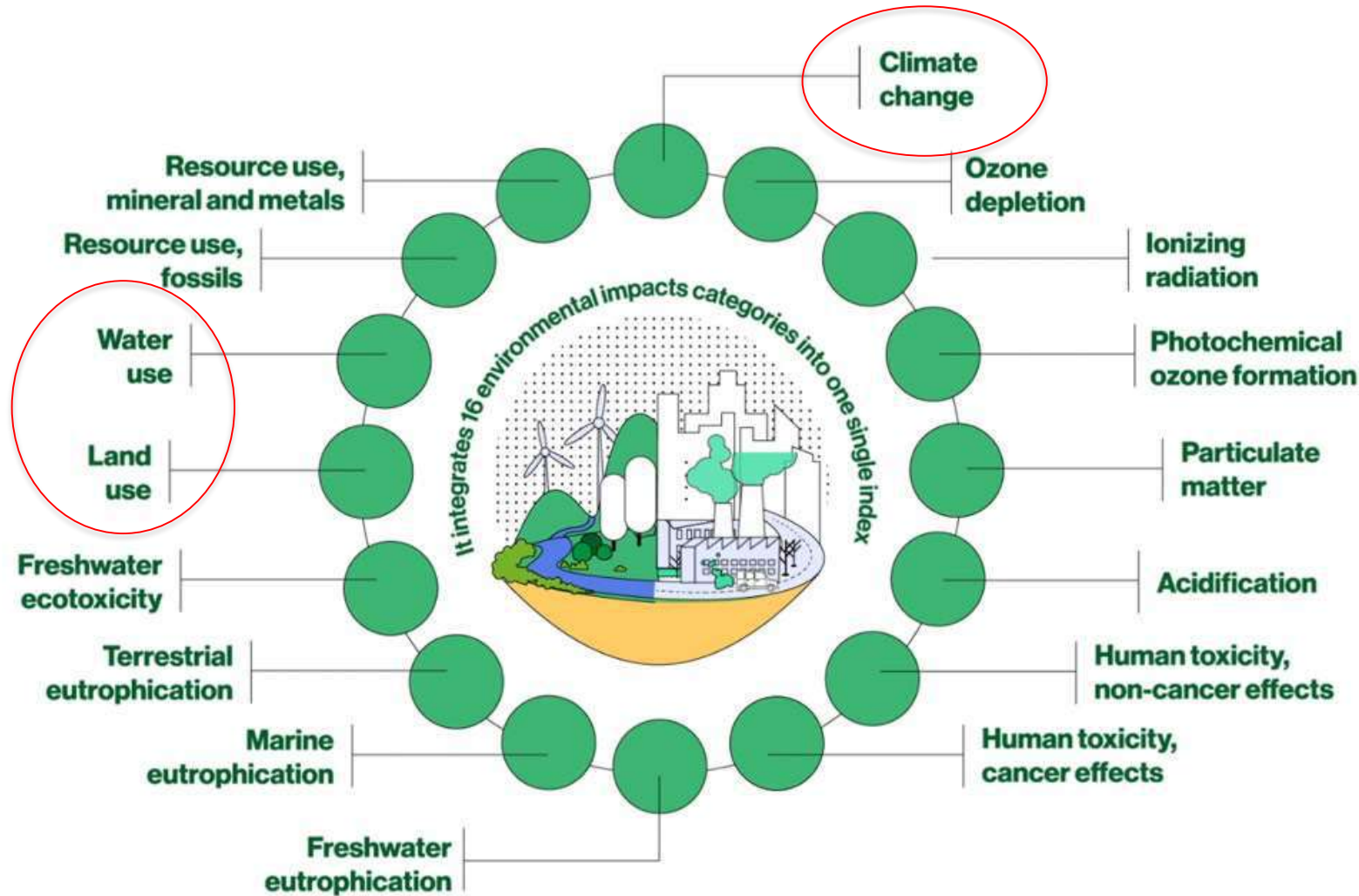
kg

kg

= CFP



ALTRE CATEGORIE DI IMPATTO VALUTABILI



Categorie di impatto ambientale	Unità di misura
Cambio climatico	kg di CO ₂ equivalenti
Eutrofizzazione delle acque dolci	kg di P equivalenti
Formazione di particolato	kg di PM ₁₀ 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 ₂ 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 ²
Occupazione di terreno agricolo	m ² a
Consumo delle acque	m ³
Occupazione di terreno urbano	m ² 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[®]

- **ISO 14020** e (LCA)

Dichiarazione ambientale di prodotto (Environmental product declaration o EPD)

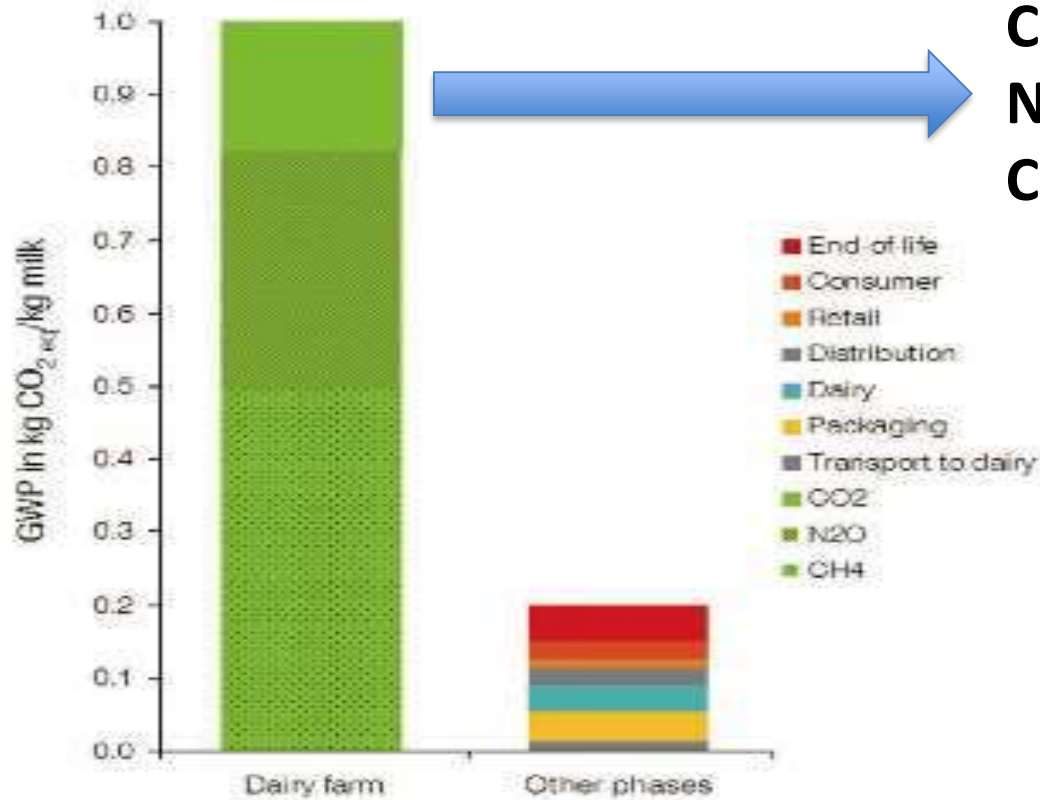
4. Sostenibilità aziendale

Quanto valgono gli impatti?

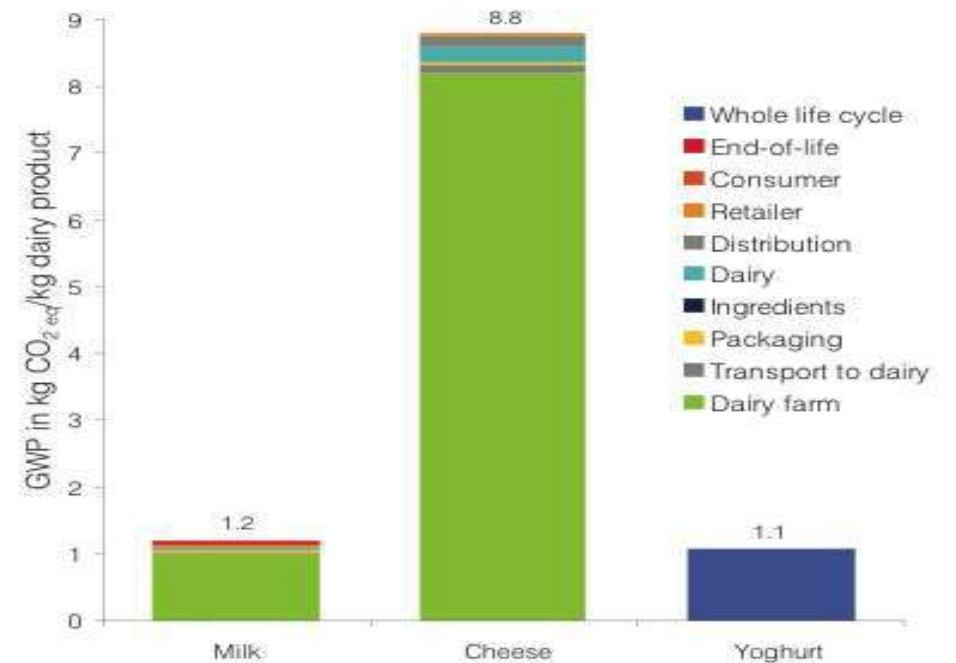


Come si genera l'impatto?

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



CH₄ = 45-60%
N₂O = 25-35%
CO₂ = 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

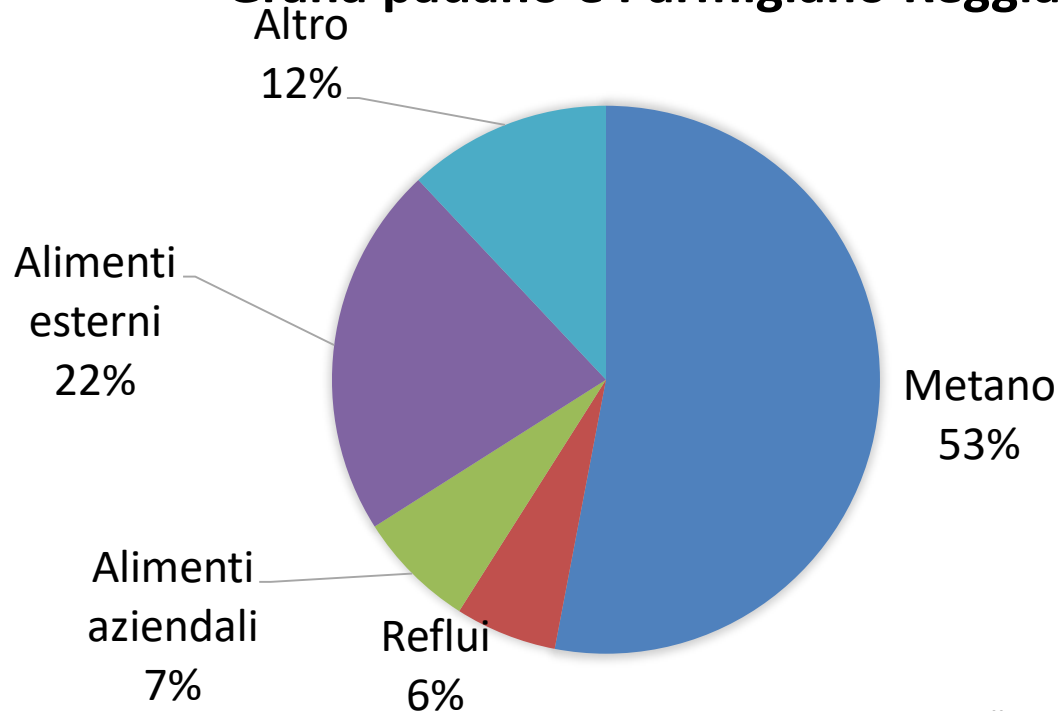
Improvements to dairy farms for environmental sustainability in Grana Padano and Parmigiano Reggiano production systems

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



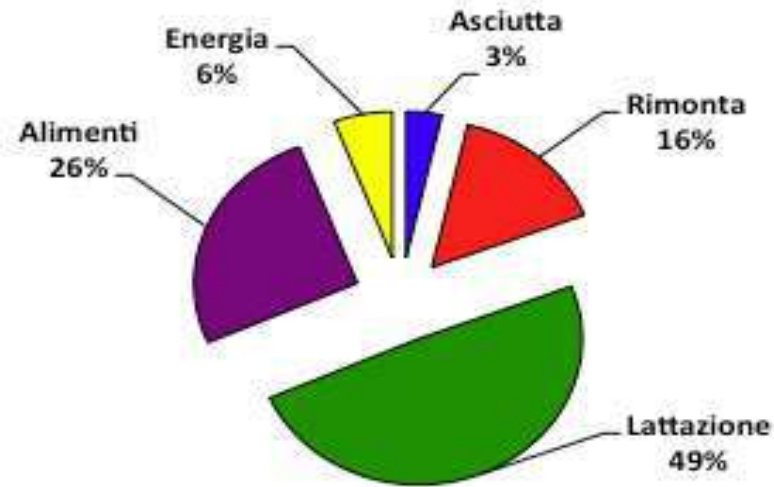
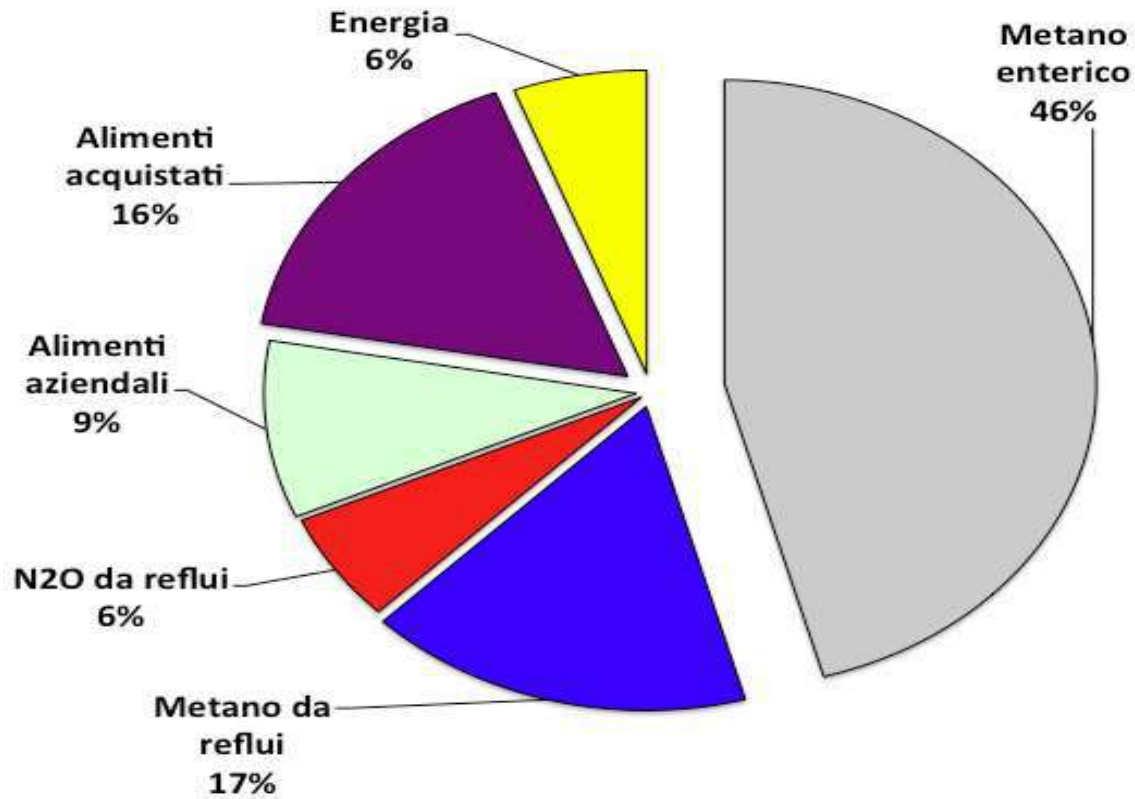
	<u>Dairy 1 GP</u>	<u>Dairy 2 GP</u>	<u>Dairy 3 GP</u>	<u>Dairy 4 GP</u>
Unit	Mean	Mean	Mean	Mean
kg CO ₂ eq	1.33	1.604	1.381	1.31

	<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 ₂ eq	1.376	1.579	1.388	1.513

Emissioni Arborea



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



Atzori et al., 2013; 2023

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 .

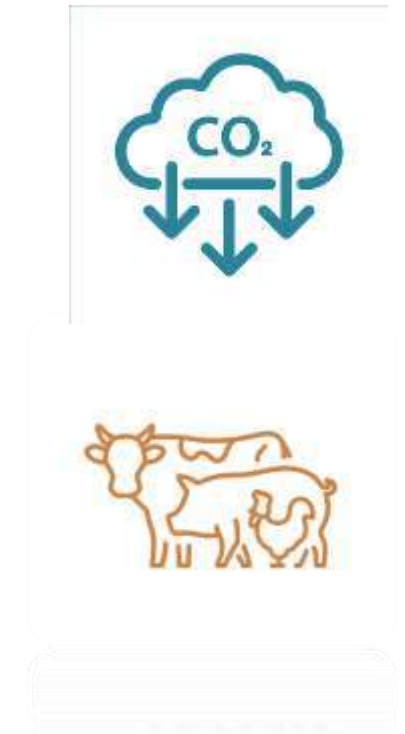
Protocolli ambientali:

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>

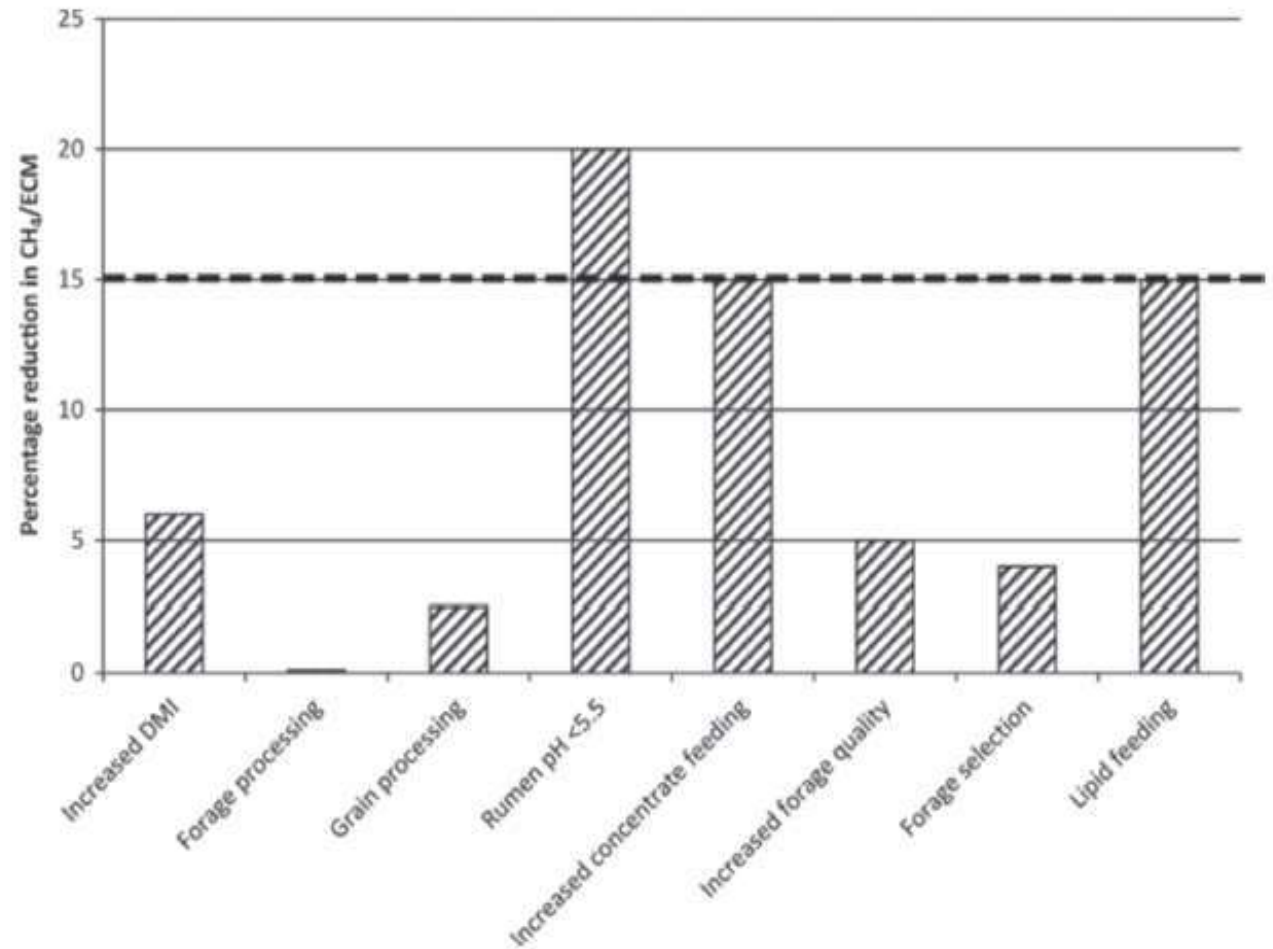
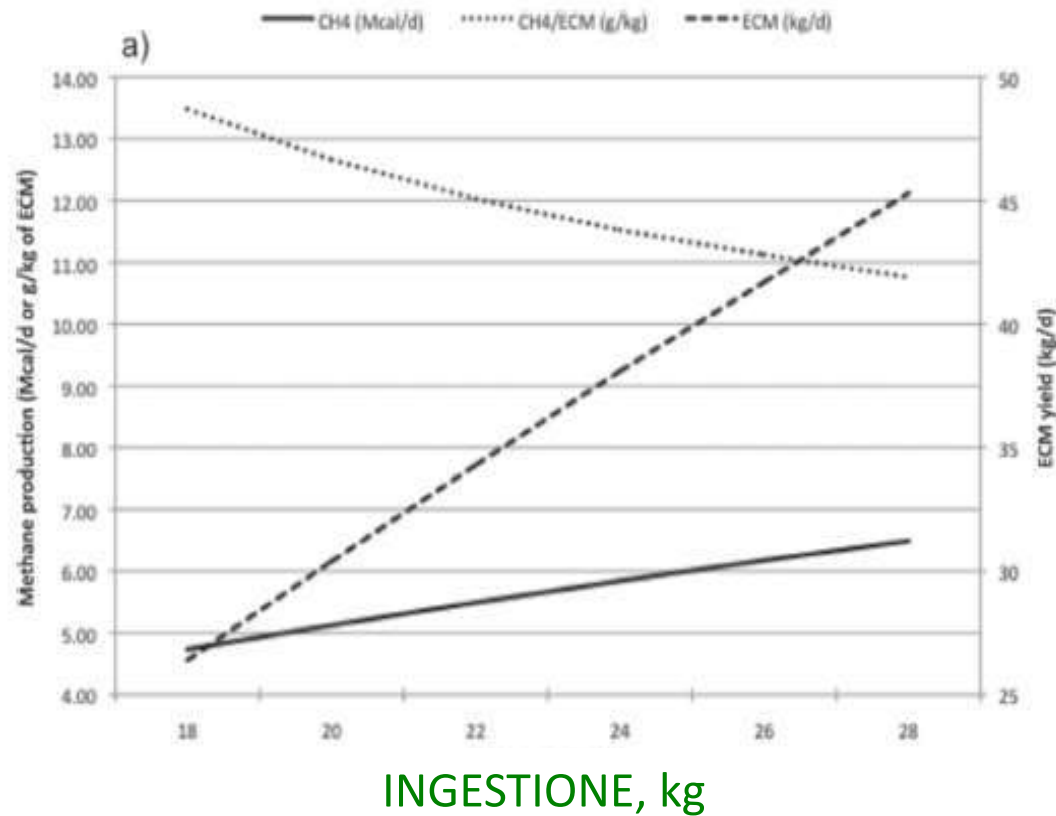
© American Dairy Science Association®, 2014. Open access under [CC BY-NC-ND license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

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

J. R. Knapp,^{*1} G. L. Laur,[†] P. A. Vadas,[‡] W. P. Weiss,[§] and J. M. Tricarico[#]

Metano/kg latte

Metano/kg latte



Mitigazione diretta: Additivi



Nei ruminanti

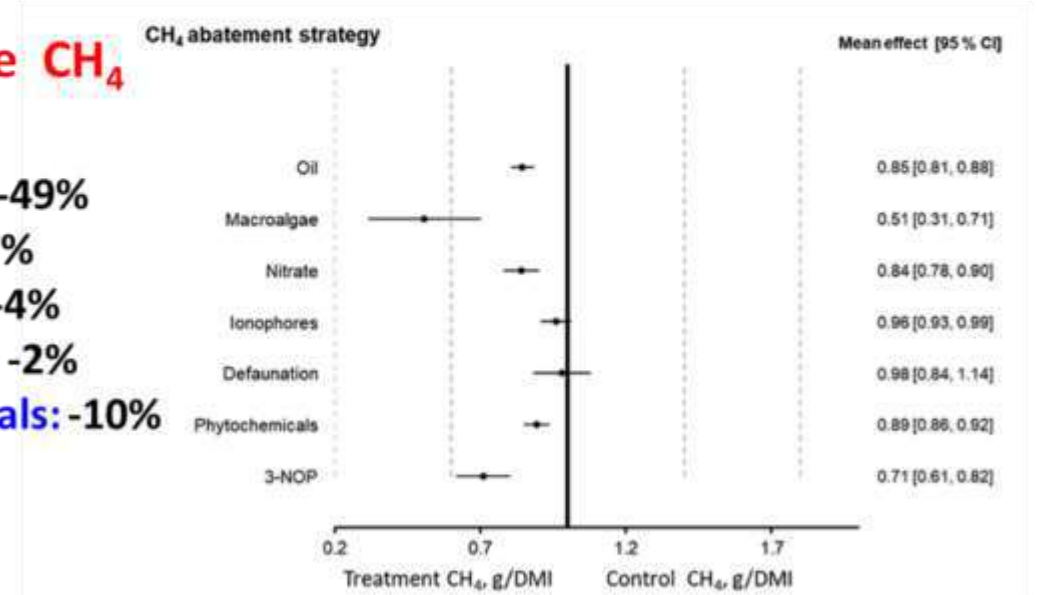
Additives

- **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 CH₄

- 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 CH₄ (g CH₄/kg of DMI)

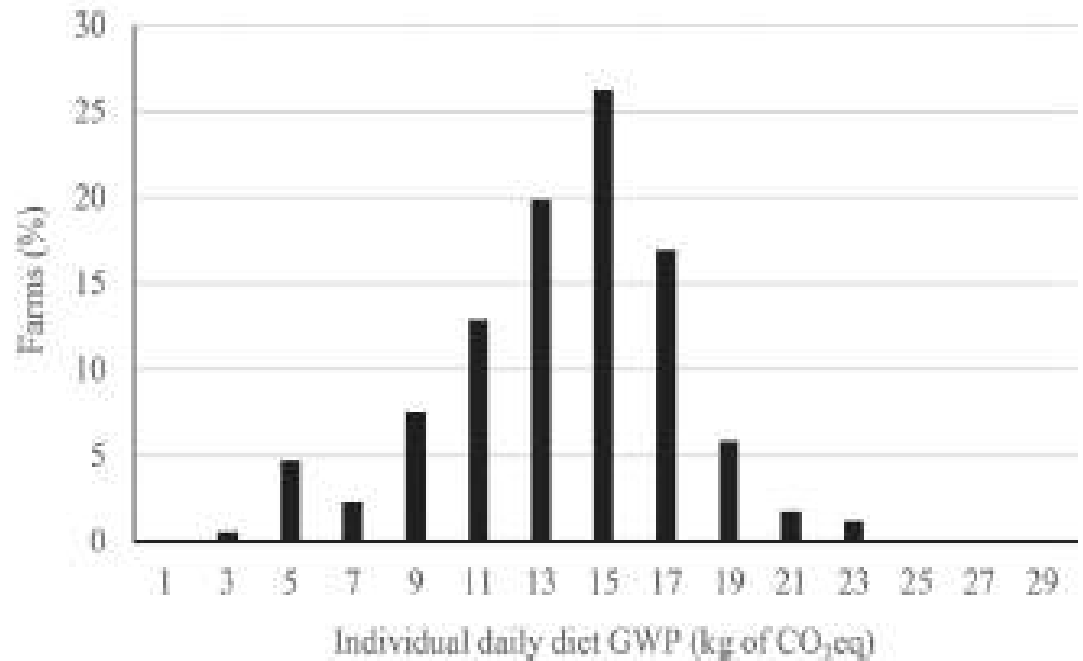
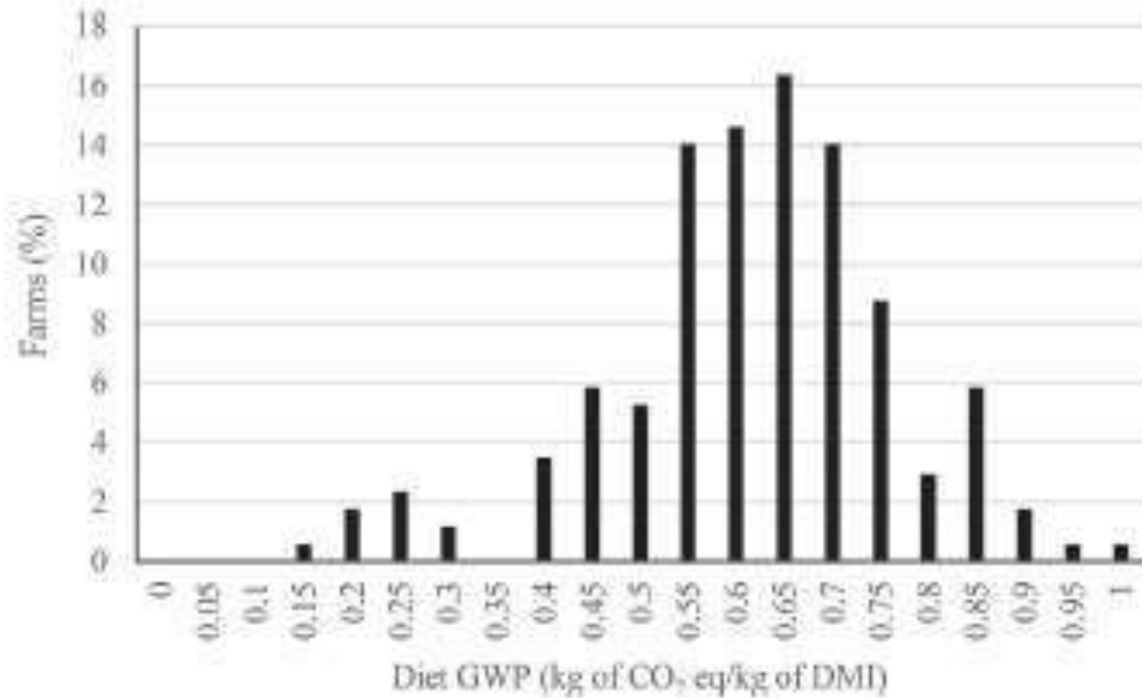


Looking for high-production and sustainable diets for lactating cows: A survey in Italy

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

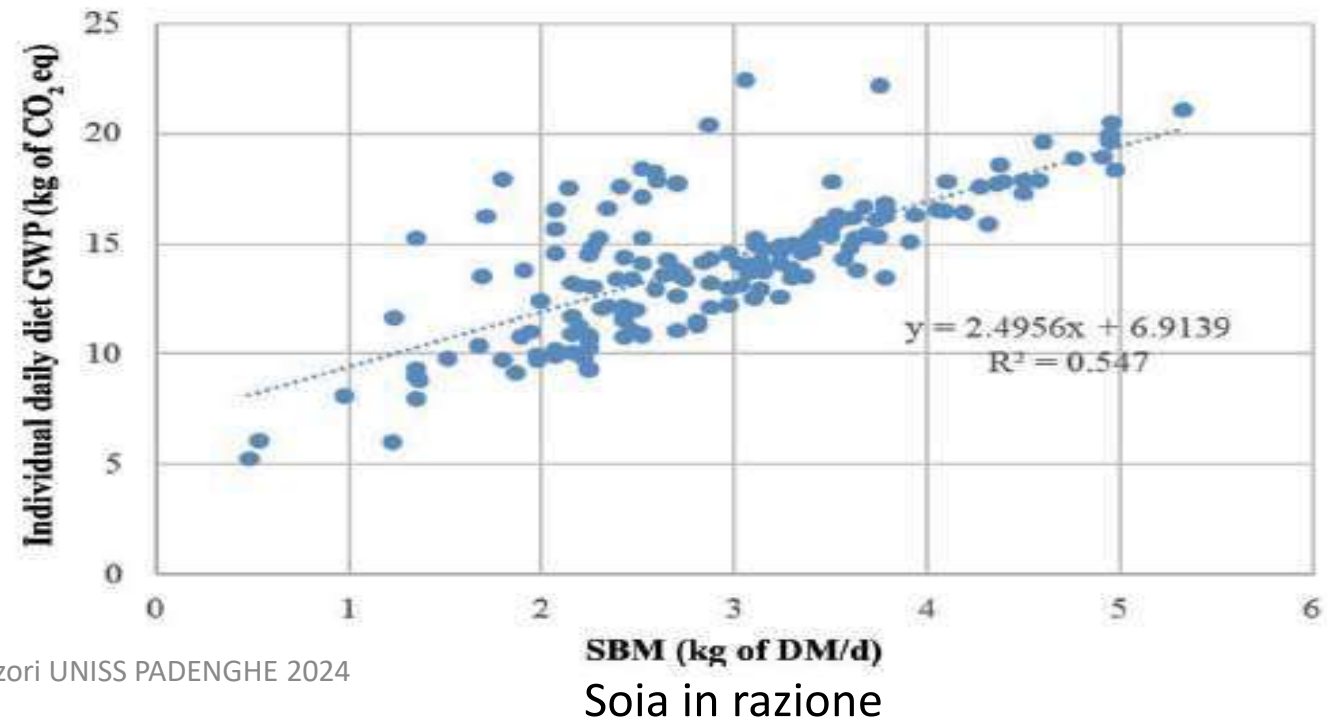
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali-Produzione. Territorio. Agroenergia. Università degli Studi di Milano. via Celoria 2 20133 Milan. Italy

- 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 CH₄ $> 14,0$ g/kg di FPCM)

(n= 171 aziende)

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

- NE_L $> 1,61$ 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_3
- Interramento liquami e altre - 30-90% NH_3
- Biogas – 23-36% CH_4

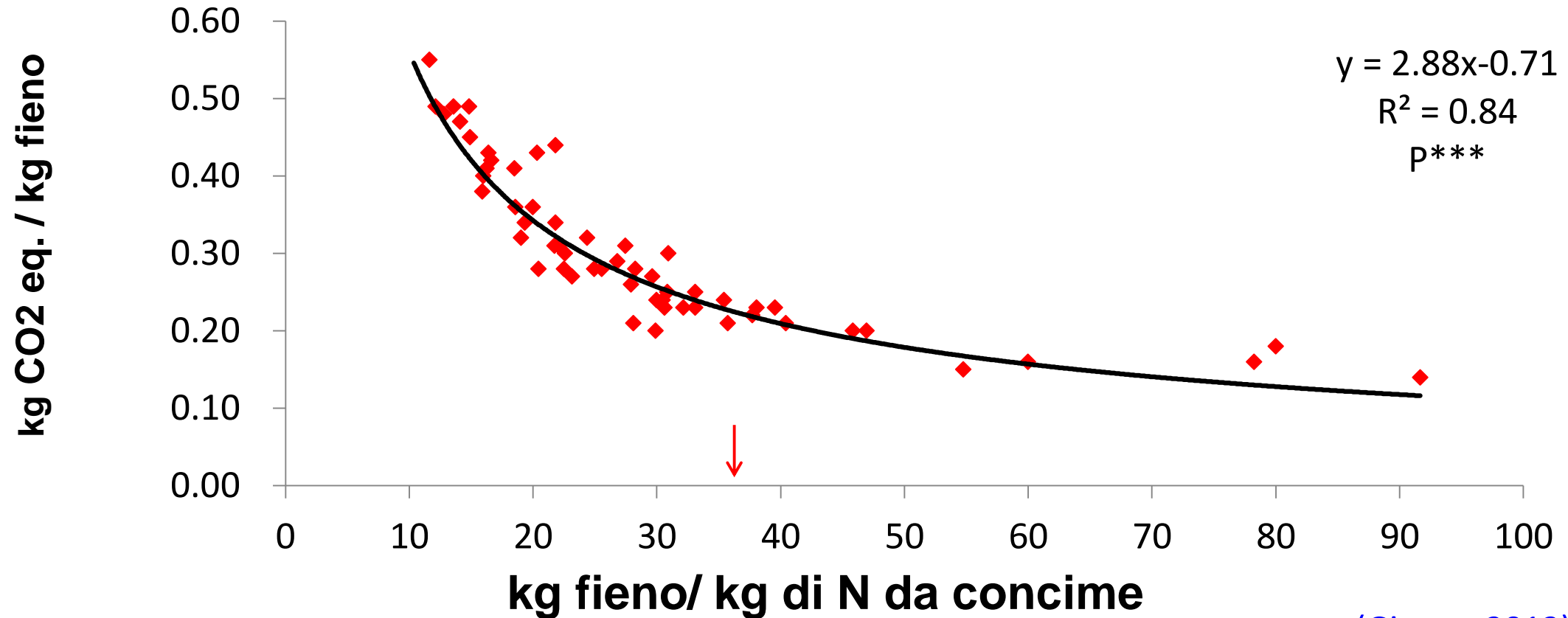


Renricca et al., 2023

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?

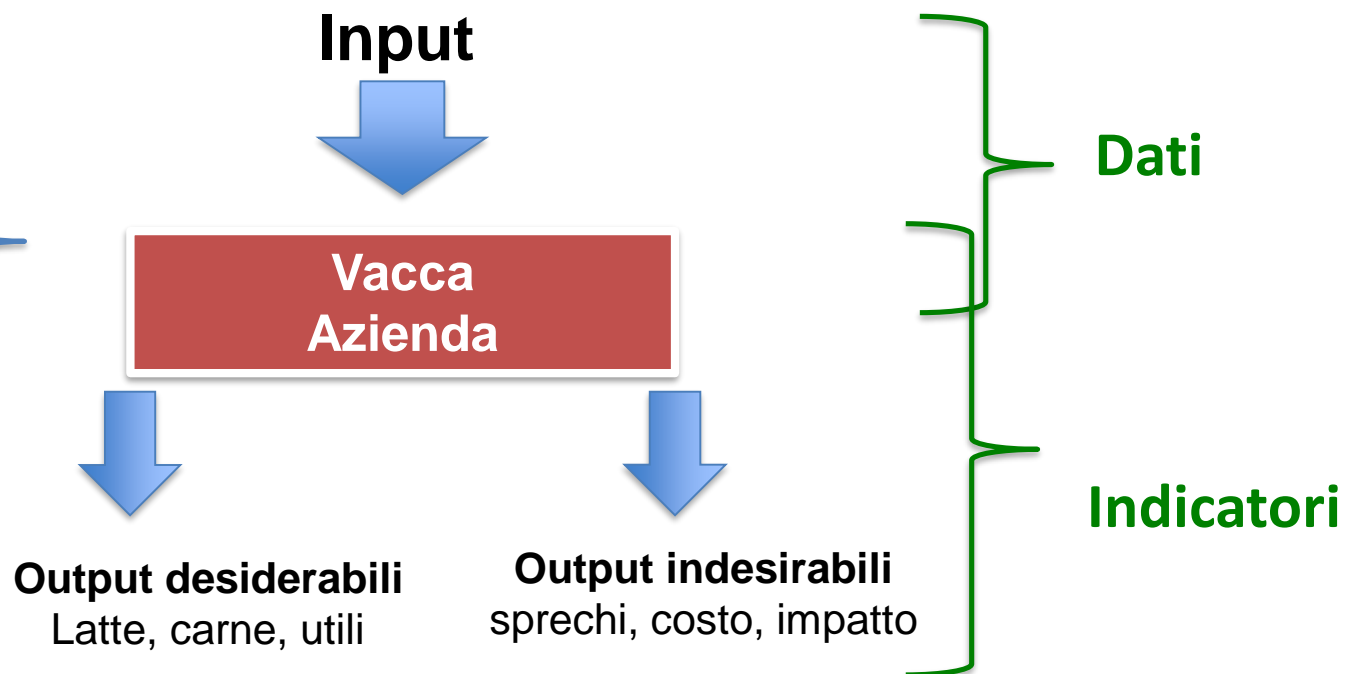


SOSTENIBILITÀ AZIENDALE

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% CO₂eq
 - Longevità -4.5% CO₂eq per +1 lattazione

Mitigazione indiretta: Efficienza e riduzione impatto (Livello individuale)



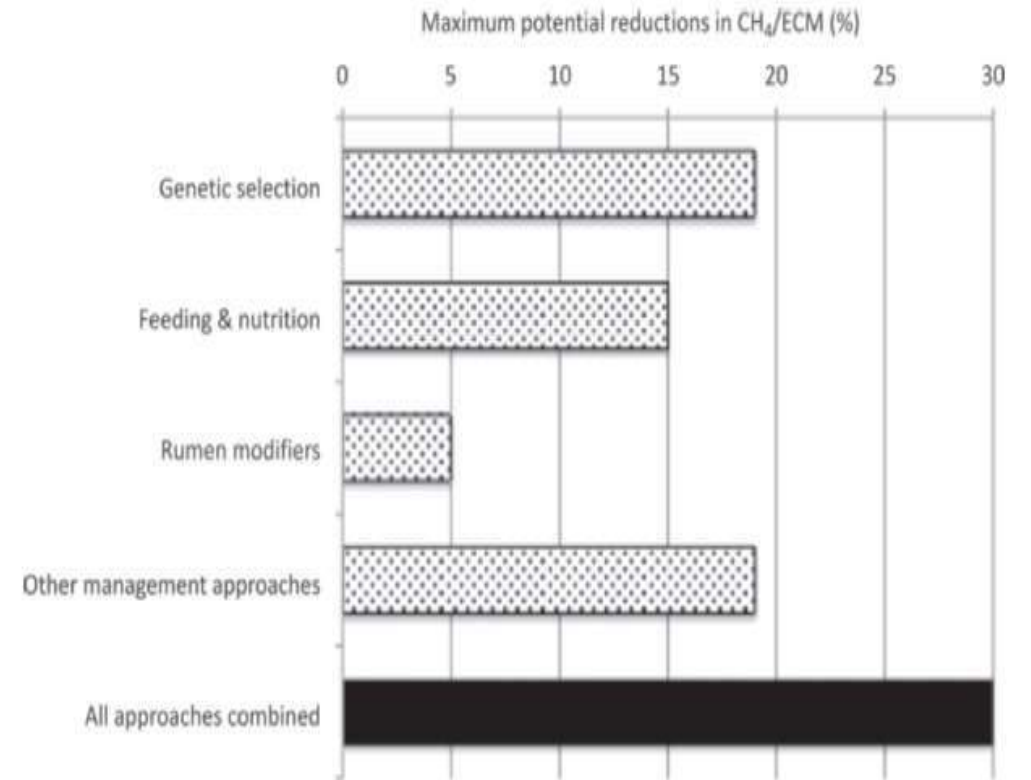
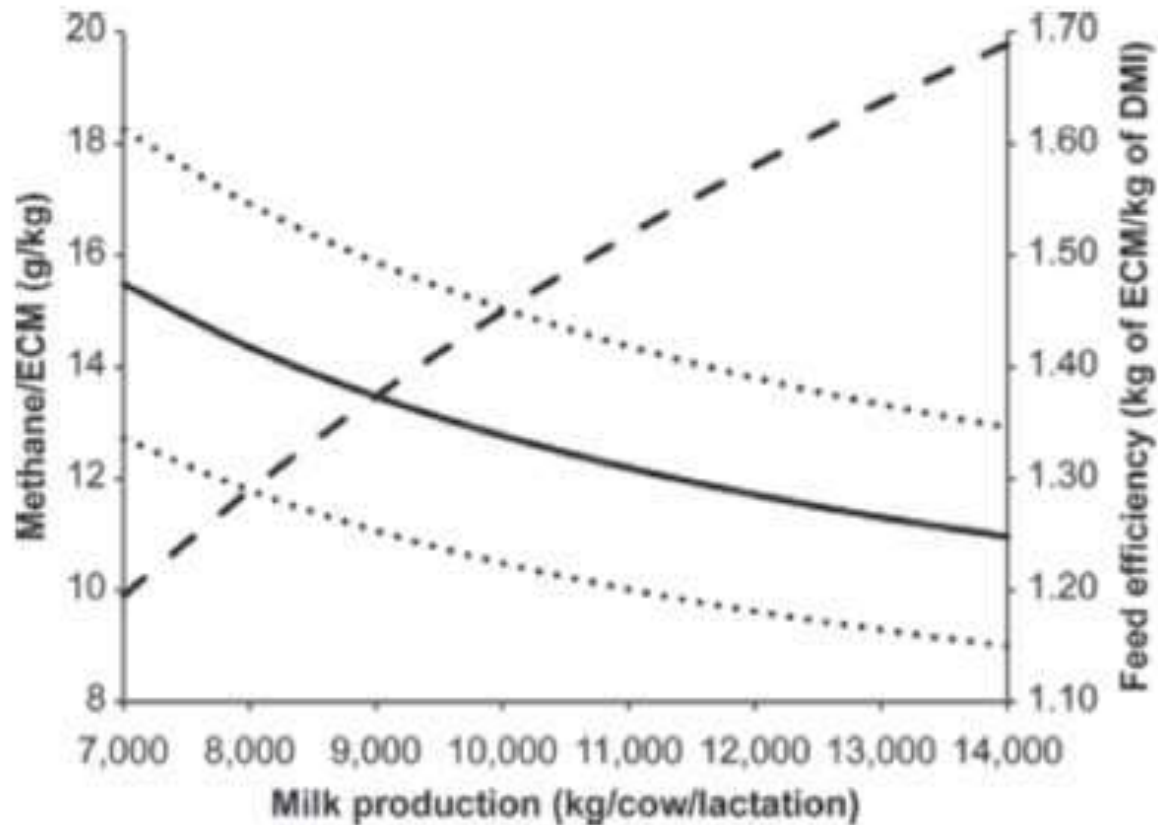
J. Dairy Sci. 97:3231–3261

<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,^{*1} G. L. Laur,[†] P. A. Vadas,[‡] W. P. Weiss,[§] and J. M. Tricarico[#]

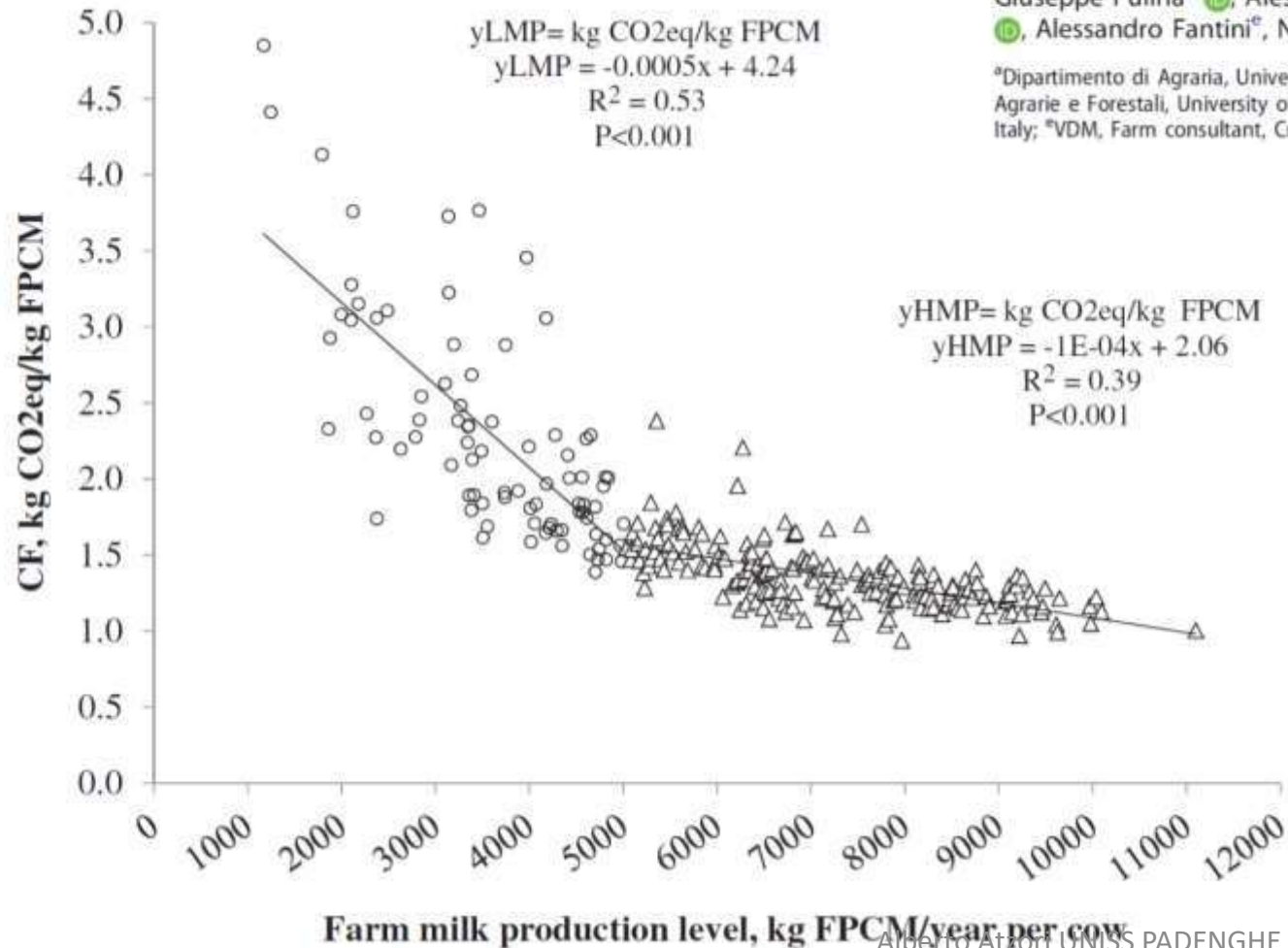


Più produzione, meno impatto

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

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

^aDipartimento di Agraria, University of Sassari, Sassari, Italy; ^bAssociazione Italiana Allevatori, Roma, Italy; ^cDipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, University of Tuscia, Viterbo, Italy; ^dDipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, University of Milano, Milano, Italy; ^eVDM, Farm consultant, Cremona, Italy



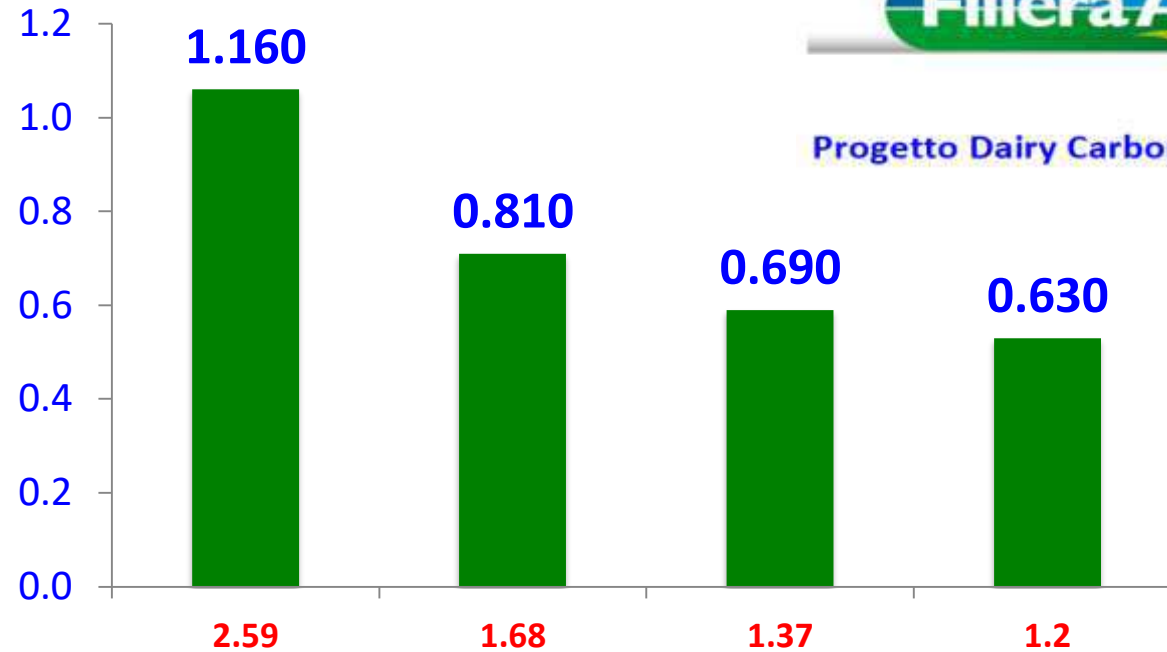
285 aziende da latte (Atzori e Cannas, 2013)

Efficienza conversione alimentare vs. Emissioni

Efficienza conversione alimentare vacche

SSI/Latte

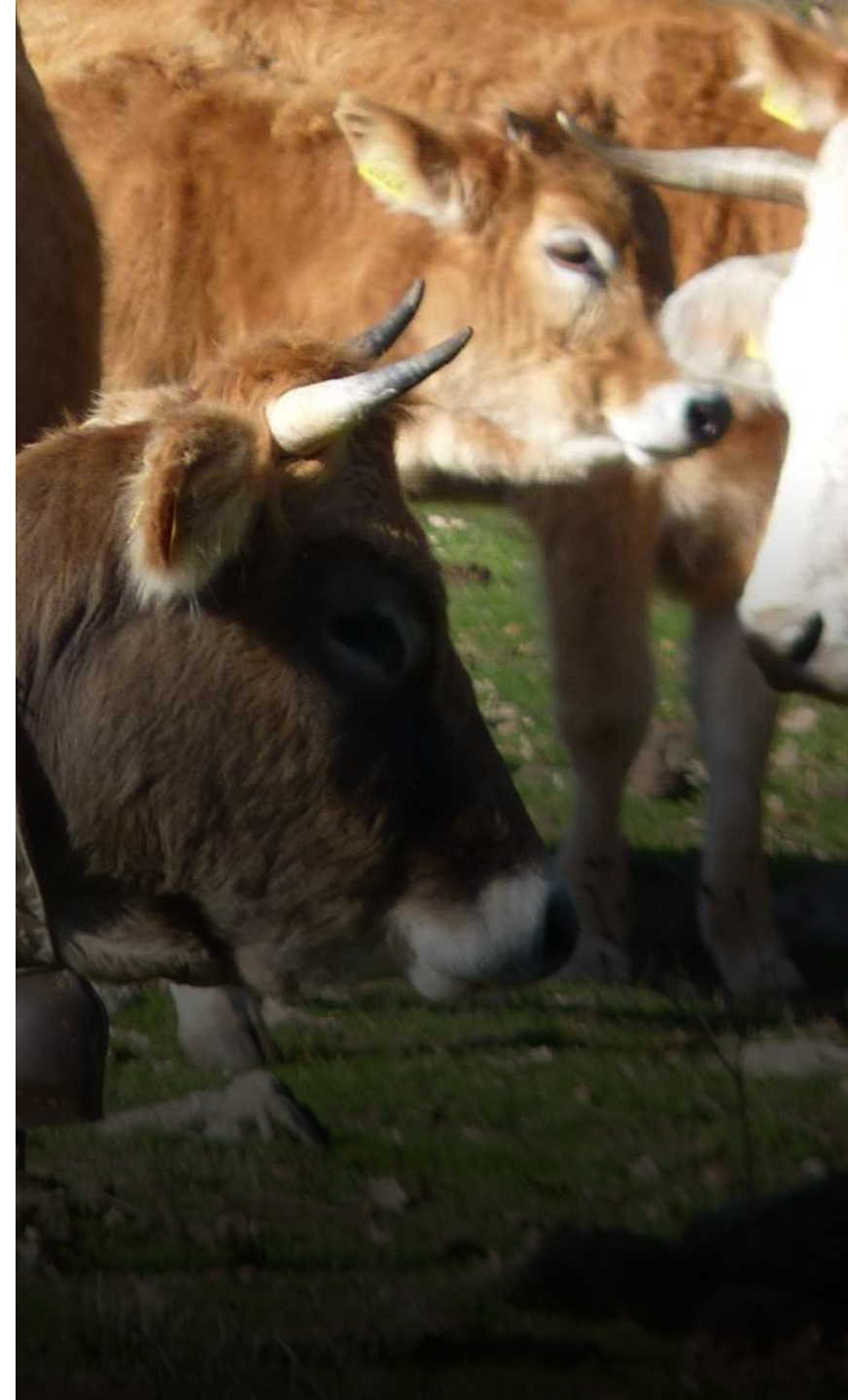
(n= 282 aziende)



**Carbon footprint
kg di CO₂/kg di latte venduto**

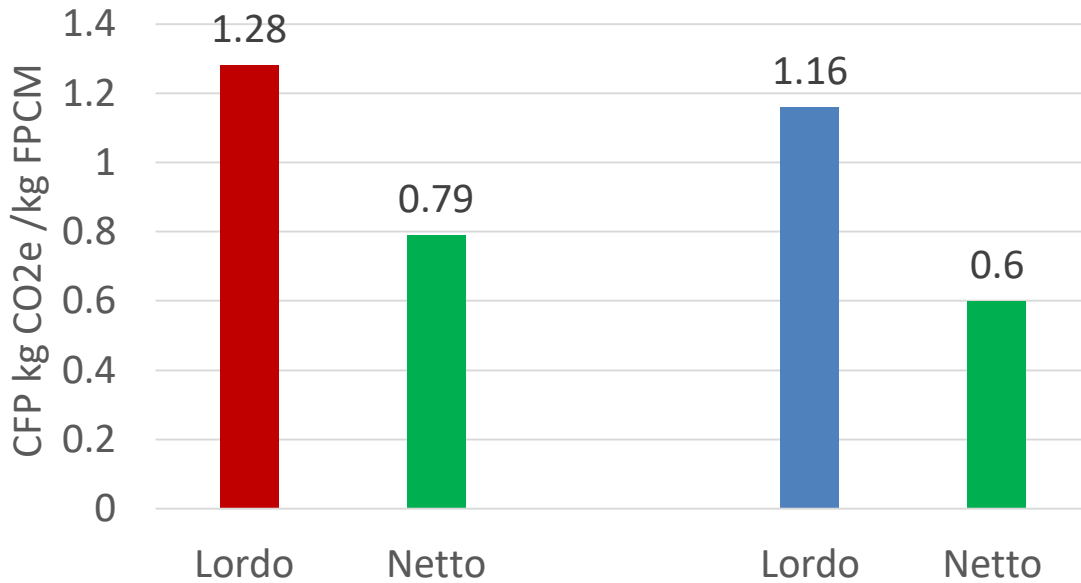
c) Il bilanciamento delle emissioni

(sequestro del carbonio e bioenergie)



Aumentare il sequestro di CO₂ 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,^{1,4} Pierre Friedlingstein,^{2,3}
 Cécile A.J. Girardin,¹ Stuart Jenkins,⁴
 Yadvinder Malhi,^{1,5} Eli Mitchell-Larson,¹
 Glen P. Peters,⁶ and Lavanya Rajamani⁷

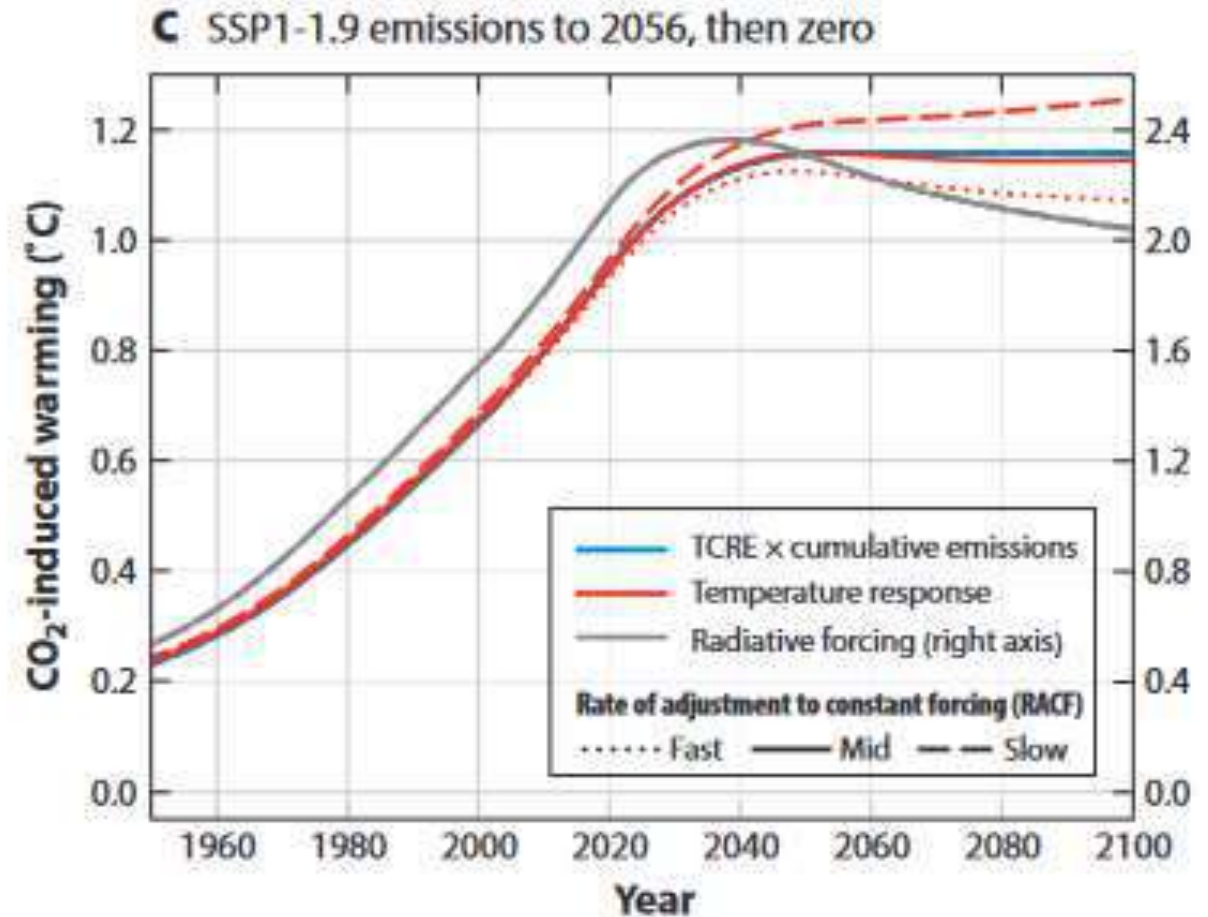
¹Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment, University of Oxford, Oxford, United Kingdom; email: myles.allen@ouce.ox.ac.uk
²College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, United Kingdom
³Laboratoire de Mécanique Dynamique, Institut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

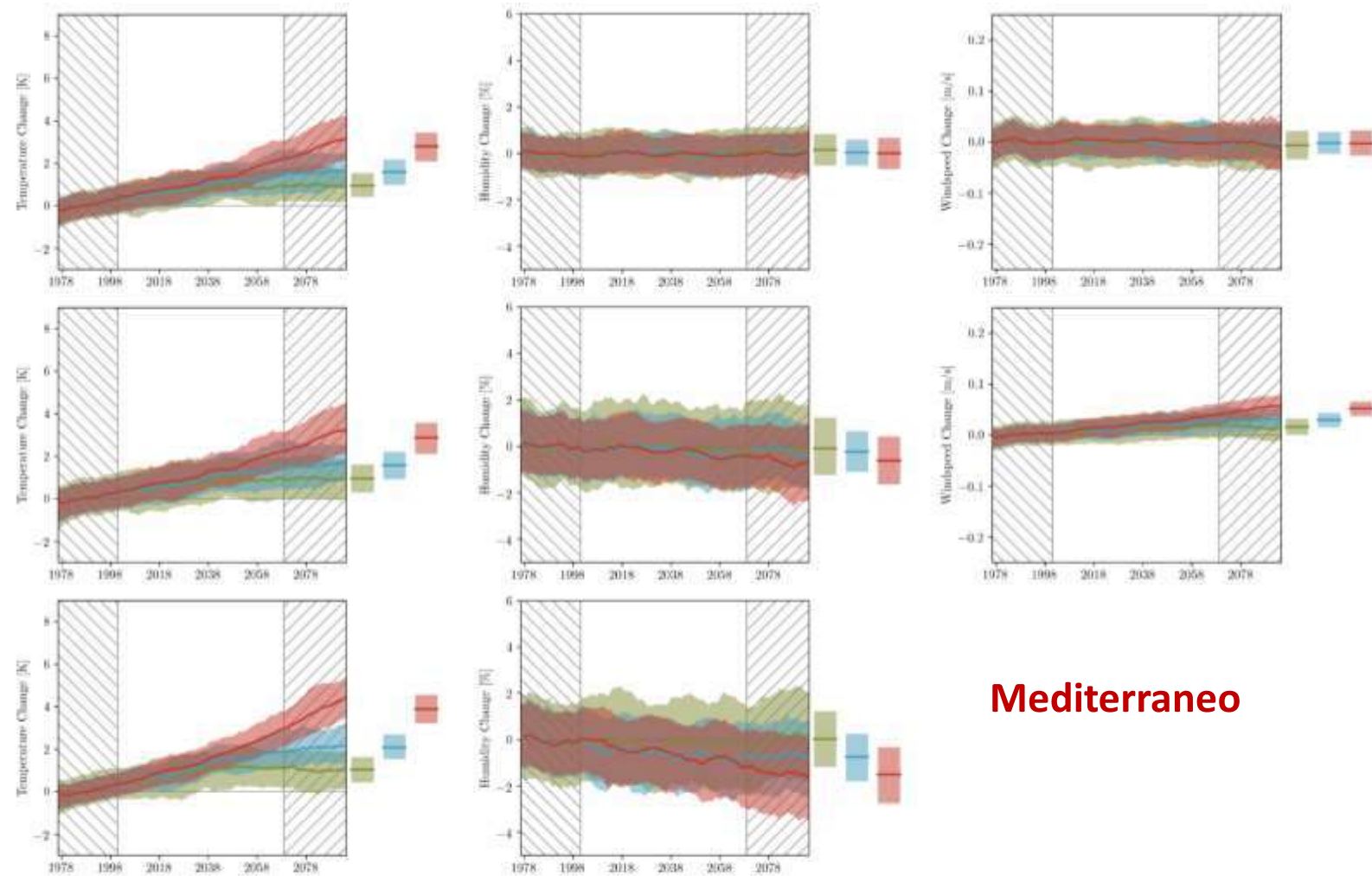
Earth Syst. Dynam. Discuss., <https://doi.org/10.5194/esd-2019-15>
 Manuscript under review for journal Earth Syst. Dynam.
 Discussion started: 8 May 2019
 © Author(s) 2019. CC BY 4.0 License.



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

Sabrina Hempel¹, Christoph Menz², Severino Pinto¹, Elena Galán³, David Janke¹, Fernando Estellés⁴, Theresa Müschner-Siemens¹, Xiaoshuai Wang⁵, Julia Heinicke¹, Guoqiang Zhang⁵, Barbara Amon¹, Agustín del Prado^{3,6}, and Thomas Amon^{1,2}

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

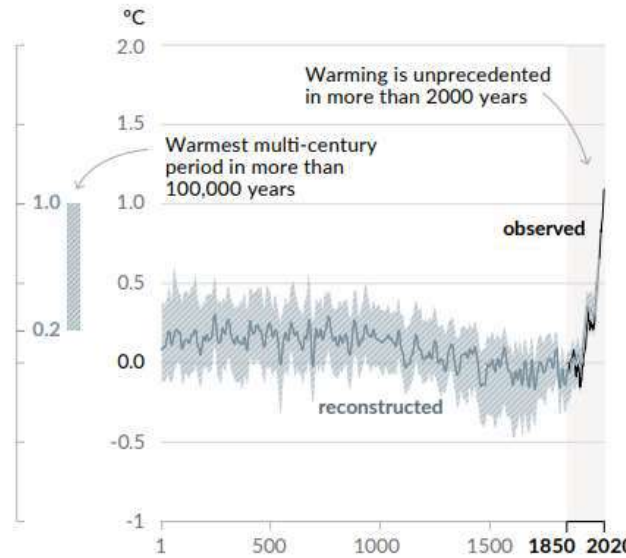


Mediterraneo

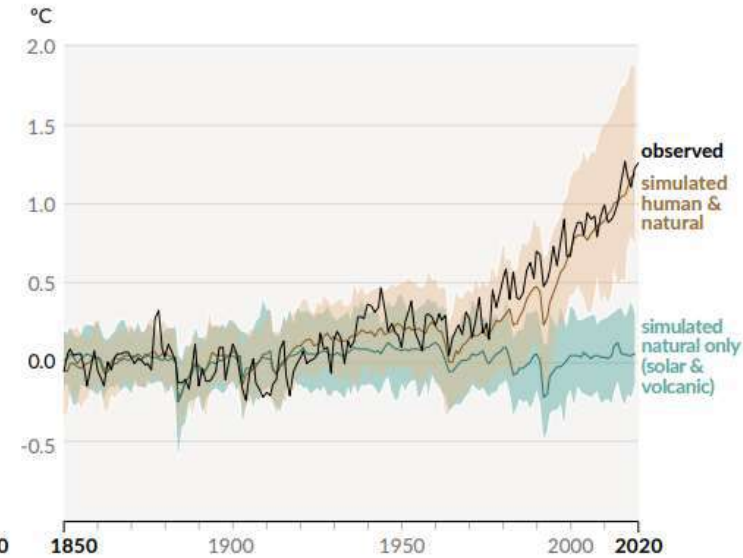
Figure 3. Projected change in indoor temperature, humidity and wind in the three focus regions of this study under RCP 2.6 (green), 4.5 (blue) and 8.5 (red). Regions: Central European maritime region with reference weather station Rostock-Warnemünde (top), Central European continental region with reference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

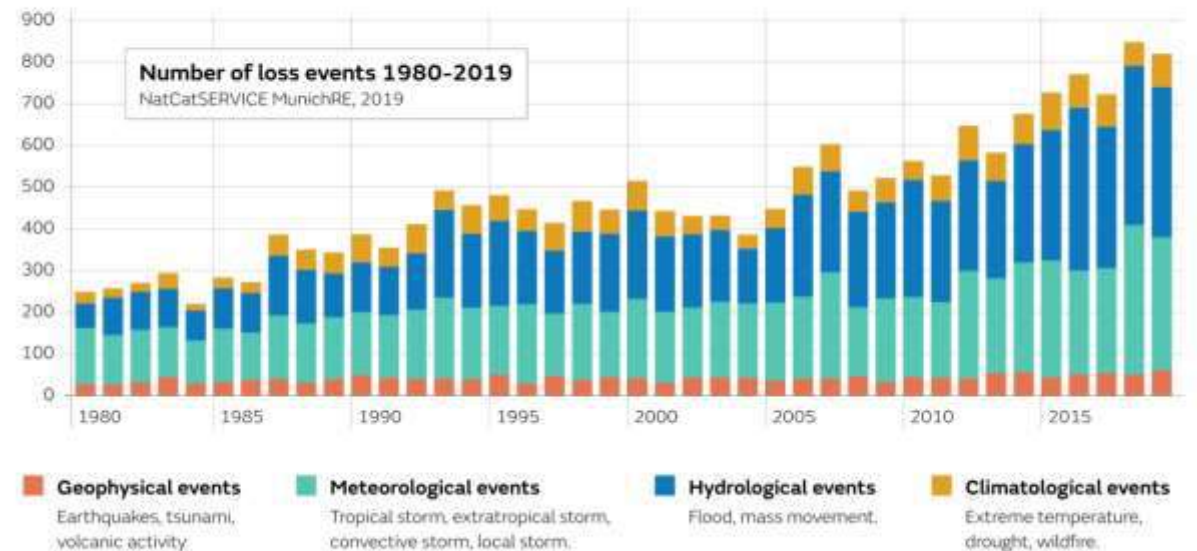
a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



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^a, Alessia Tondo^b, Pier Paolo Danieli^c, Riccardo Primi^c, Gianni Matteo Crovetto^d,
Alessandro Fantini^e, Nicolò Pietro Paolo Macciotta^a and Alberto Stanislaos Atzori^a

^aDipartimento di Agraria, University of Sassari, Sassari, Italy; ^bAssociazione Italiana Allevatori, Roma, Italy; ^cDipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, University of Tuscia, Viterbo, Italy; ^dDipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, University of Milano, Milano, Italy; ^eVDM, 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⁻¹) 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 Cresci¹, Alberto Mantino², Marcello Mele³, Alberto Stanislaos Atzori¹

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 m³ 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 CO₂-eq (GWP), 0.0095 kg SO₂-eq (AP) and 0.003 kg PCO₂-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:10.1017/S17571111900275

Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes
M. Gaulty¹ and S. Ammer²

¹Faculty of Science and Technology, Livestock Production Systems, Free University of Bolzano, Universitätsplatz 5, 39100 Bolzano, Italy; ²Division 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[®], 2018.

Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067
J. H. Britt,^{1*} R. A. Cushman,[†] C. D. Dechow,[‡] H. Dobson,[§] P. Humblot,[#] M. F. Hutjens,^{||} G. A. Jones,[¶] P. S. Ruegg,^{**} I. M. Sheldon,^{††} and J. S. Stevenson^{‡‡}

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



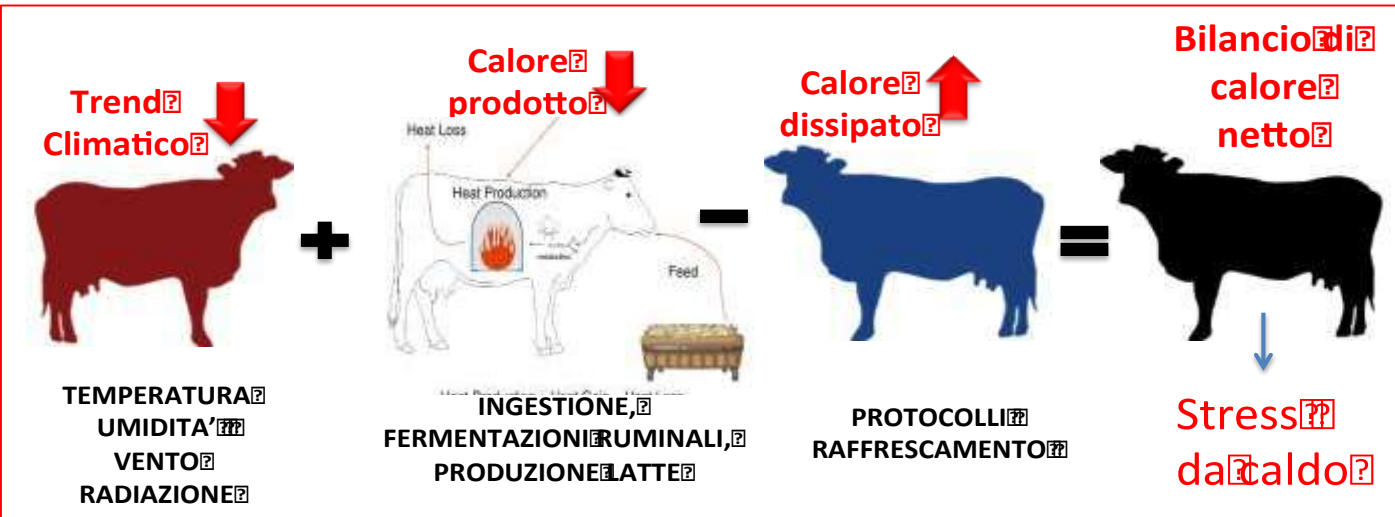
Tanta letteratura sullo stress da caldo dagli anni 90 ad oggi (Collier et al., 1995; Kadzere et al., 2002)



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^a, M.R. Murphy^{a,*}, N. Silanikove^b, E. Maltz^b

^aDepartment of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA
^bAgricultural 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

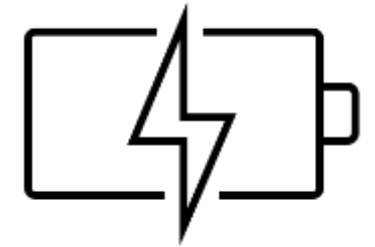
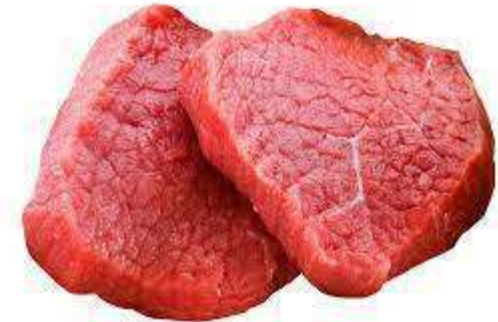
Trend climatico e Microclima sono la sintesi della predisposizione della **struttura** a generare stress da caldo

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

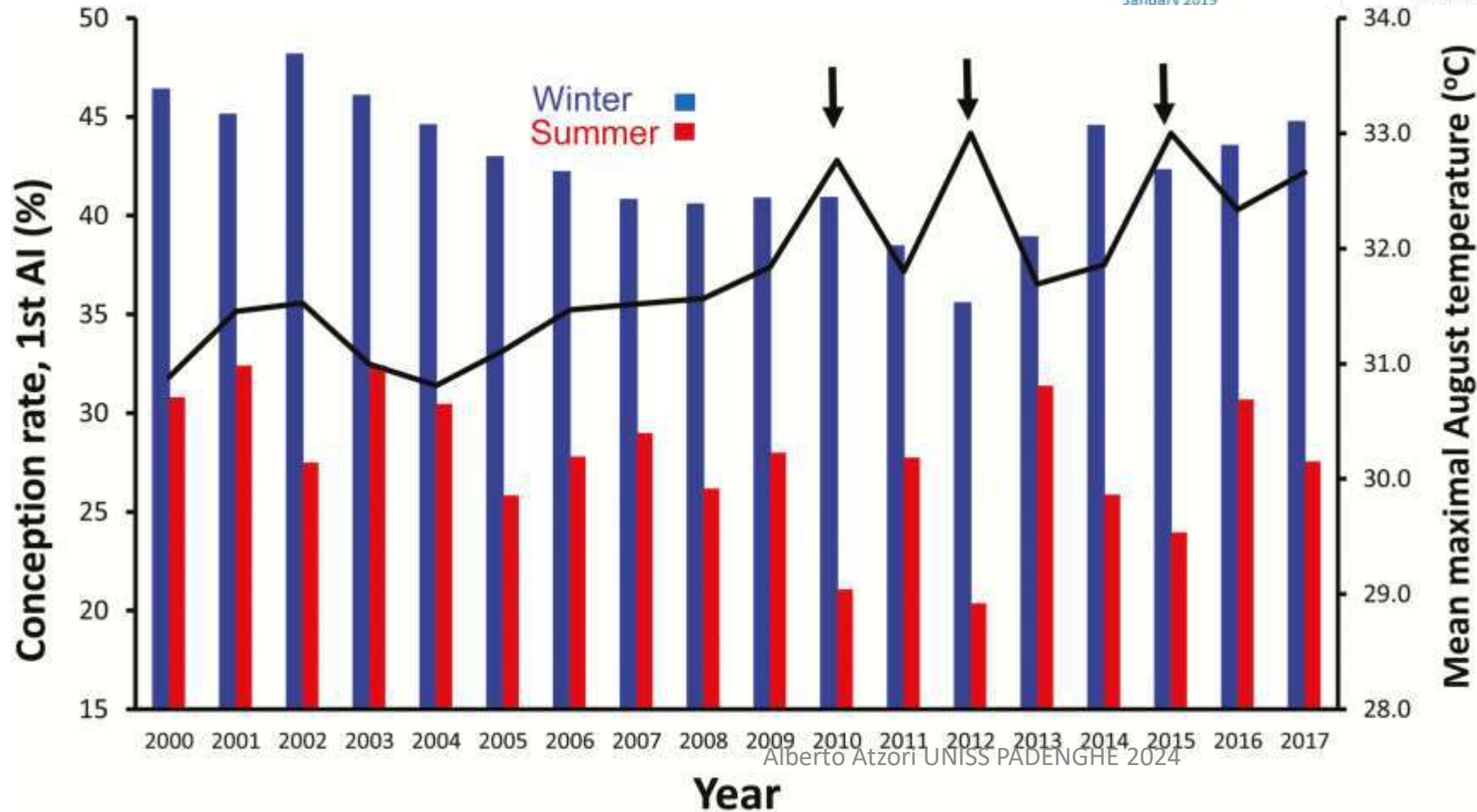
Impact of heat stress on cow reproduction and fertility

David Wolfenson, Zvi Roth

Animal Frontiers, Volume 9, Issue 1, January 2019, Pages 32-38, <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>

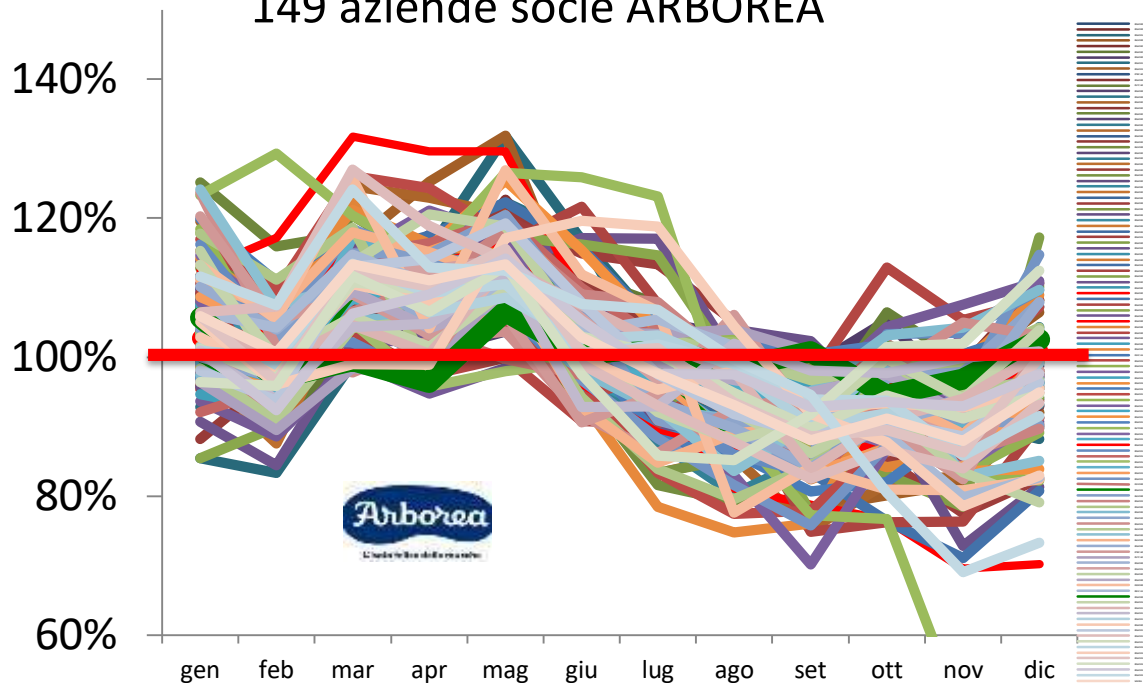
doi.org/10.1093/af/vfy027

Published: 10 November 2018



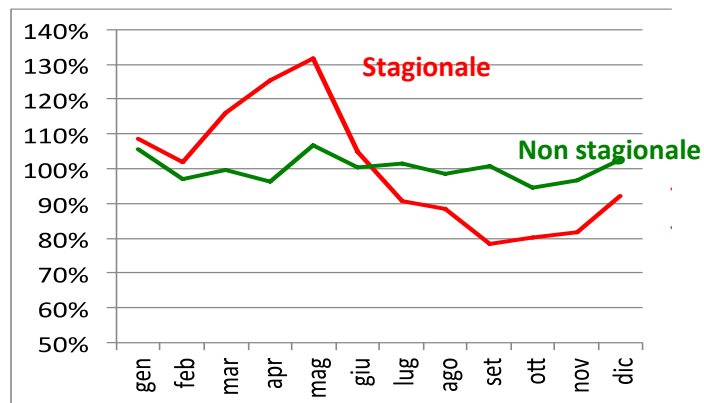
Stress da caldo: Stagionalità dei conferimenti

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*¹
 *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

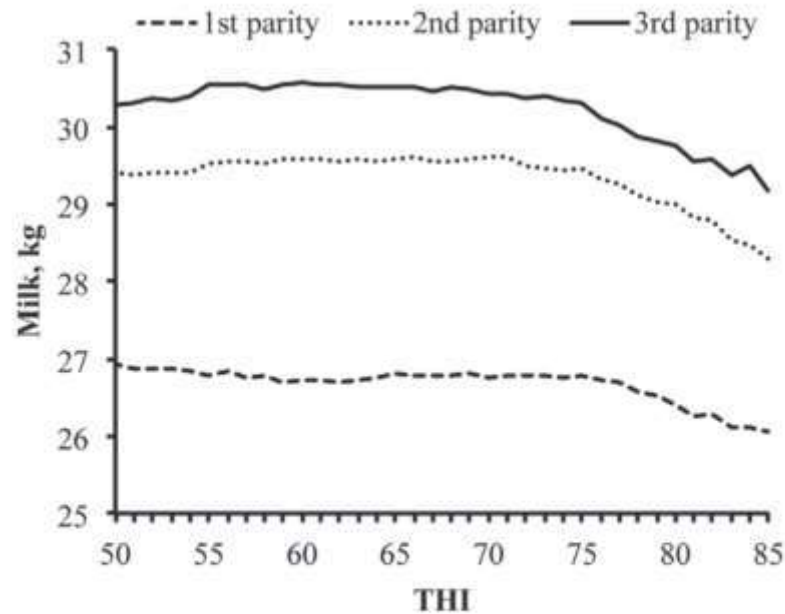
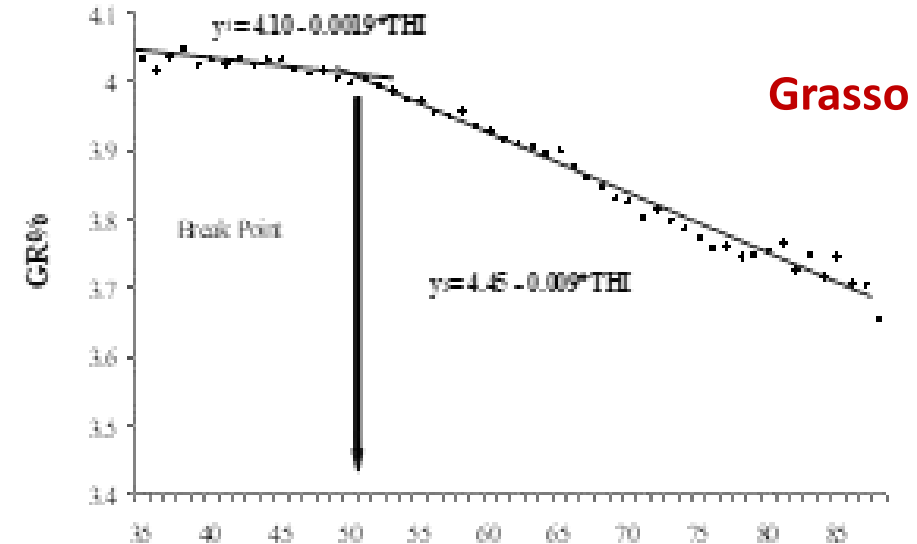
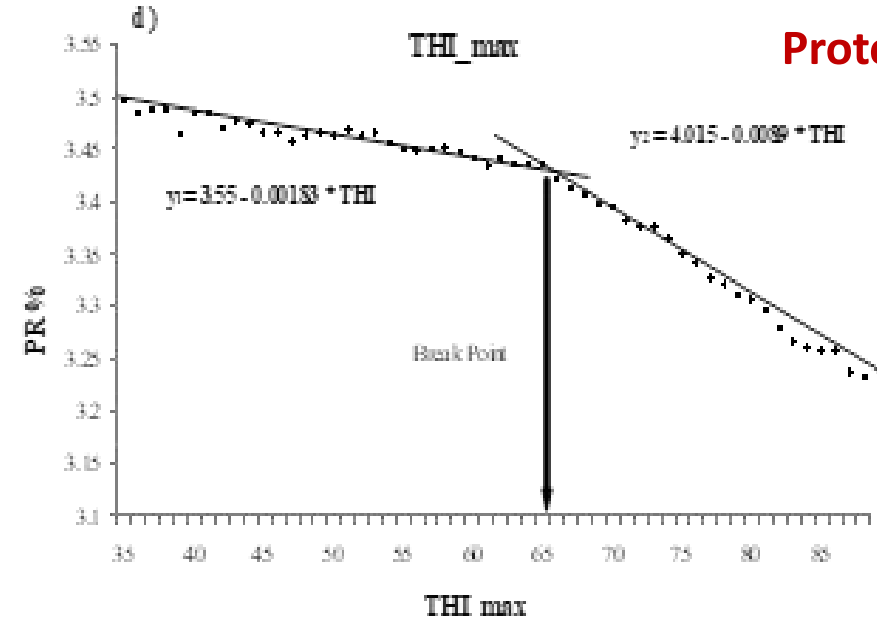


Figure 5. Least squared means for daily milk yield in the 3 parities adjusted for the effect of the temperature-humidity index (THI).



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^a, Maria Segnalini^b, Stanislao Esposito^b, Nicola Lacetera^a, Alessandro Nardone^a and Umberto Bernabucci^a

1971-2000

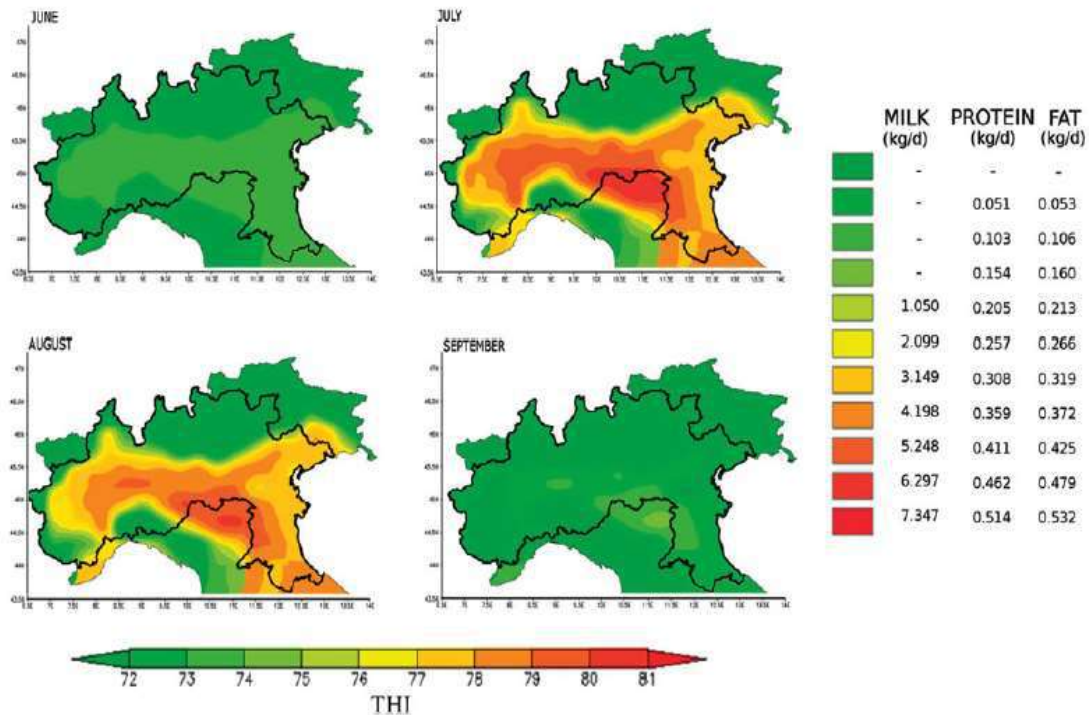


Figure 4. THI-related risk of milk, protein and fat yield loss (kg/d) in the production area of Grana Padano (marked) during the period 1971-2000 in the months of June, July, August and September. The colours from green to red indicate increasing values of THI (from 72 to 81) to which correspond different 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 ^a	Yield loss, kg/THI unit ^a
Milk	75	1.050
Protein	72	0.051
Fat	72	0.053

^aThresholds of THI and yield loss were derived from Bernabucci et al. 2014.

THI: temperature-humidity index.

2021-2050

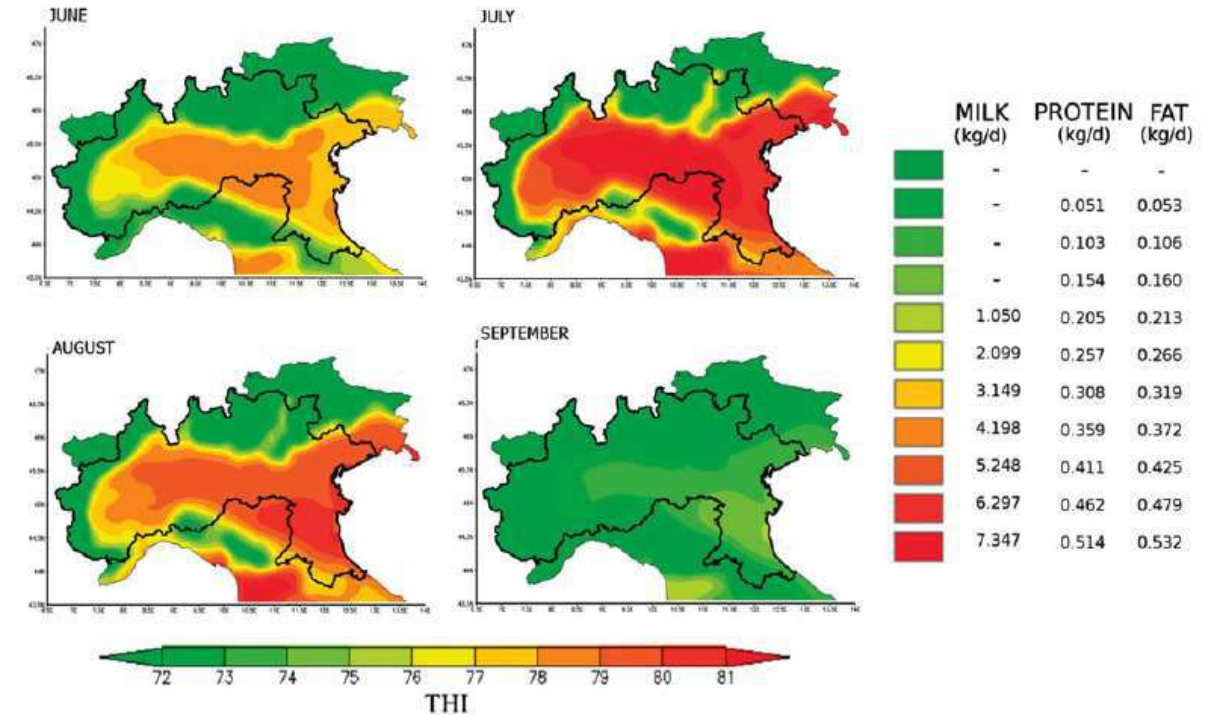


Figure 6. THI-related risk of milk, protein and fat yield loss (kg/d) in the production area of Grana Padano (marked) during the period 2021-2050 in the months of June, July, August and September. The colours from green to red indicate increasing values of THI (from 72 to 81) to which correspond different 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	99	
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.

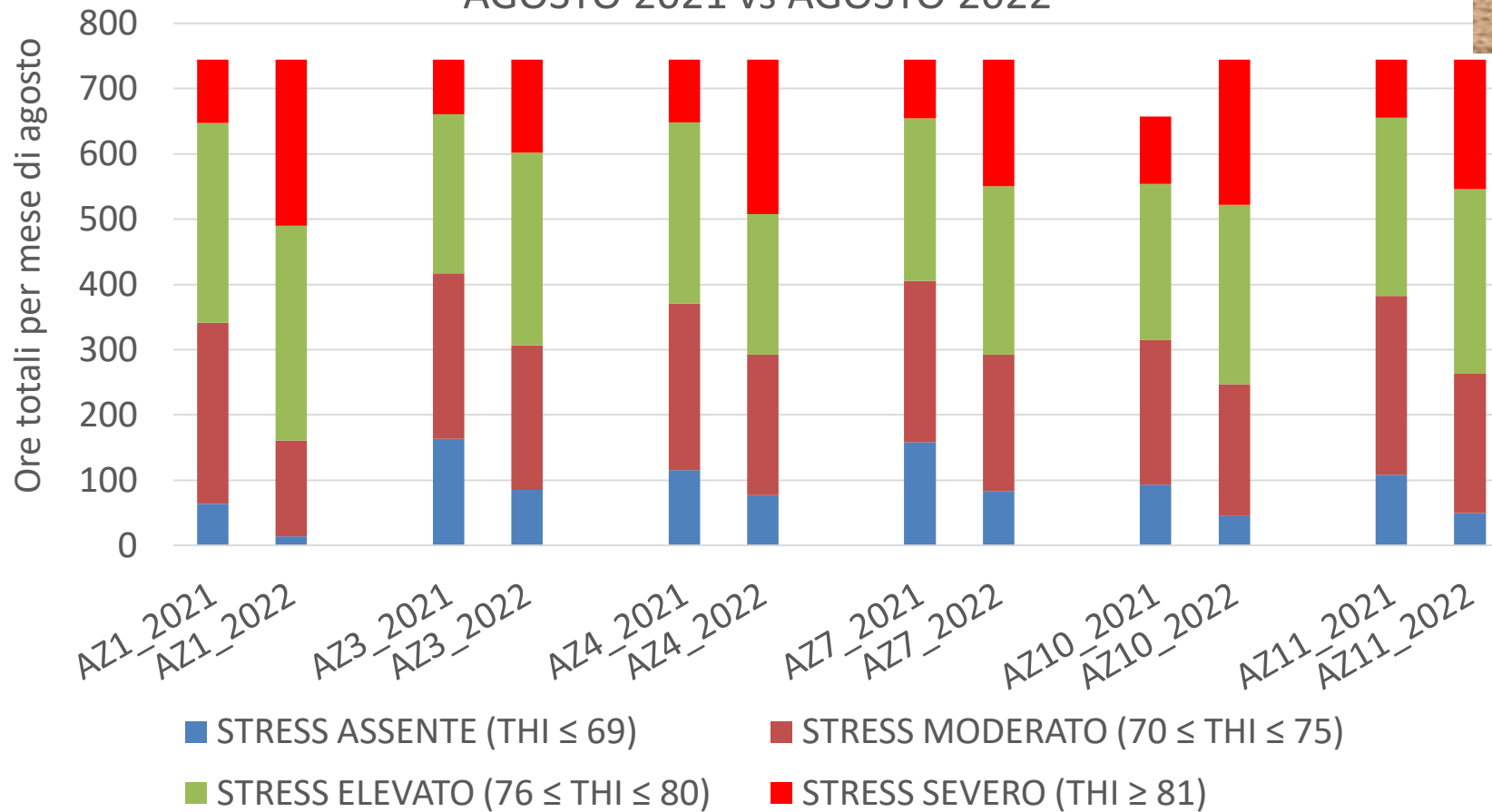
The effect of heat waves on dairy cow mortality

A. Vitali,^{*1} A. Felici,[†] S. Esposito,[‡] U. Bernabucci,^{*} L. Bertocchi,[§] C. Maresca,[‡] A. Nardone,^{*} and N. Lacetera^{*}
^{*}Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia, Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy
[†]Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, 06126 Perugia, Italy
[‡]Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per la Climatologia e Meteorologia applicata all'Agricoltura, 00186 Roma, Italy
[§]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



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,^{*1} A. Felici,[†] S. Esposito,[‡] U. Bernabucci,^{*} L. Bertocchi,[§] C. Maresca,[‡] A. Nardone,^{*} and N. Lacetera^{*}

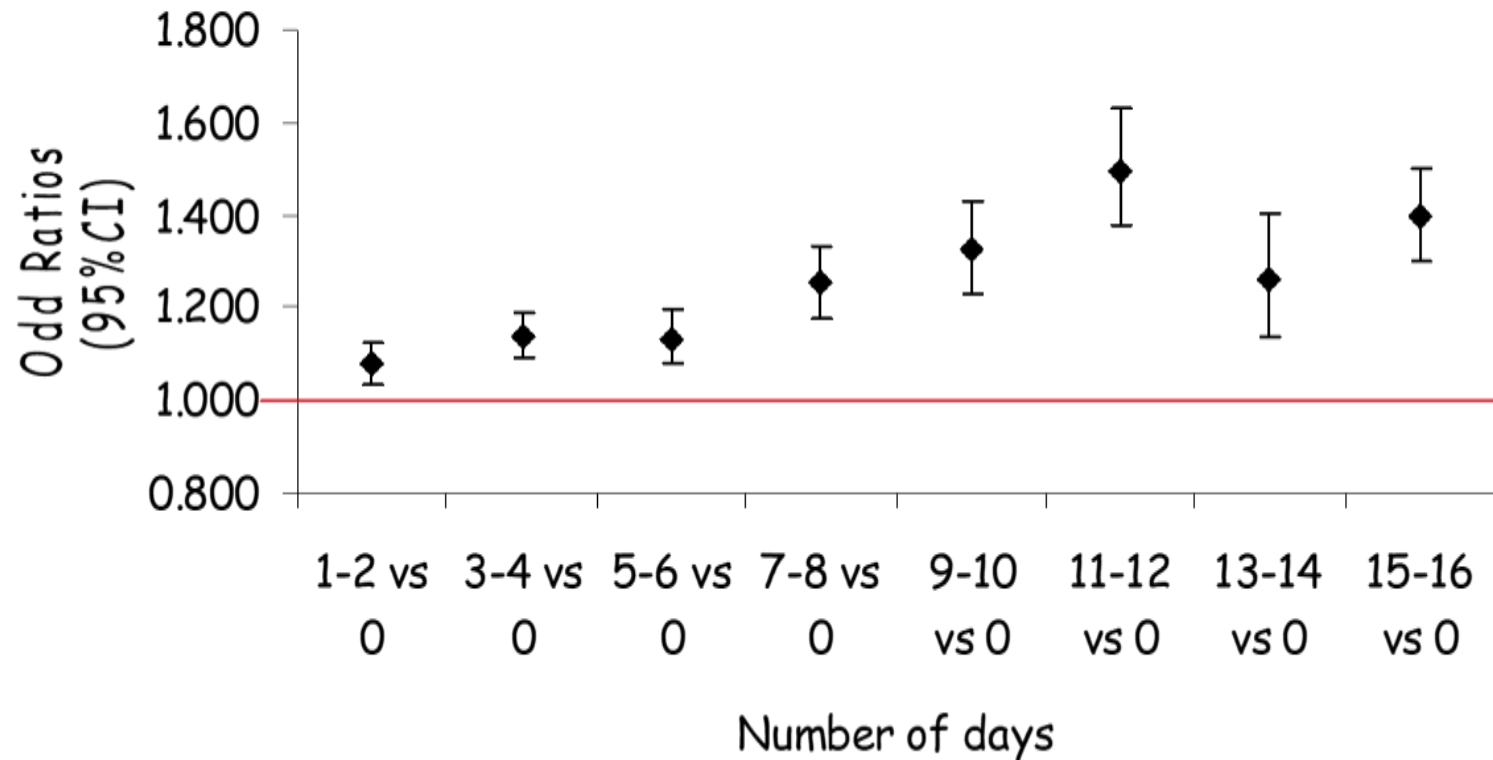
^{*}Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia, Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy

[†]Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, 06126 Perugia, Italy

[‡]Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per la Climatologia e Meteorologia applicata all'Agricoltura, 00186 Roma, Italy

[§]Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia Romagna, 25124 Brescia, Italy

Risk of death/wave length



Stress da caldo: Riposta alle onde di calore

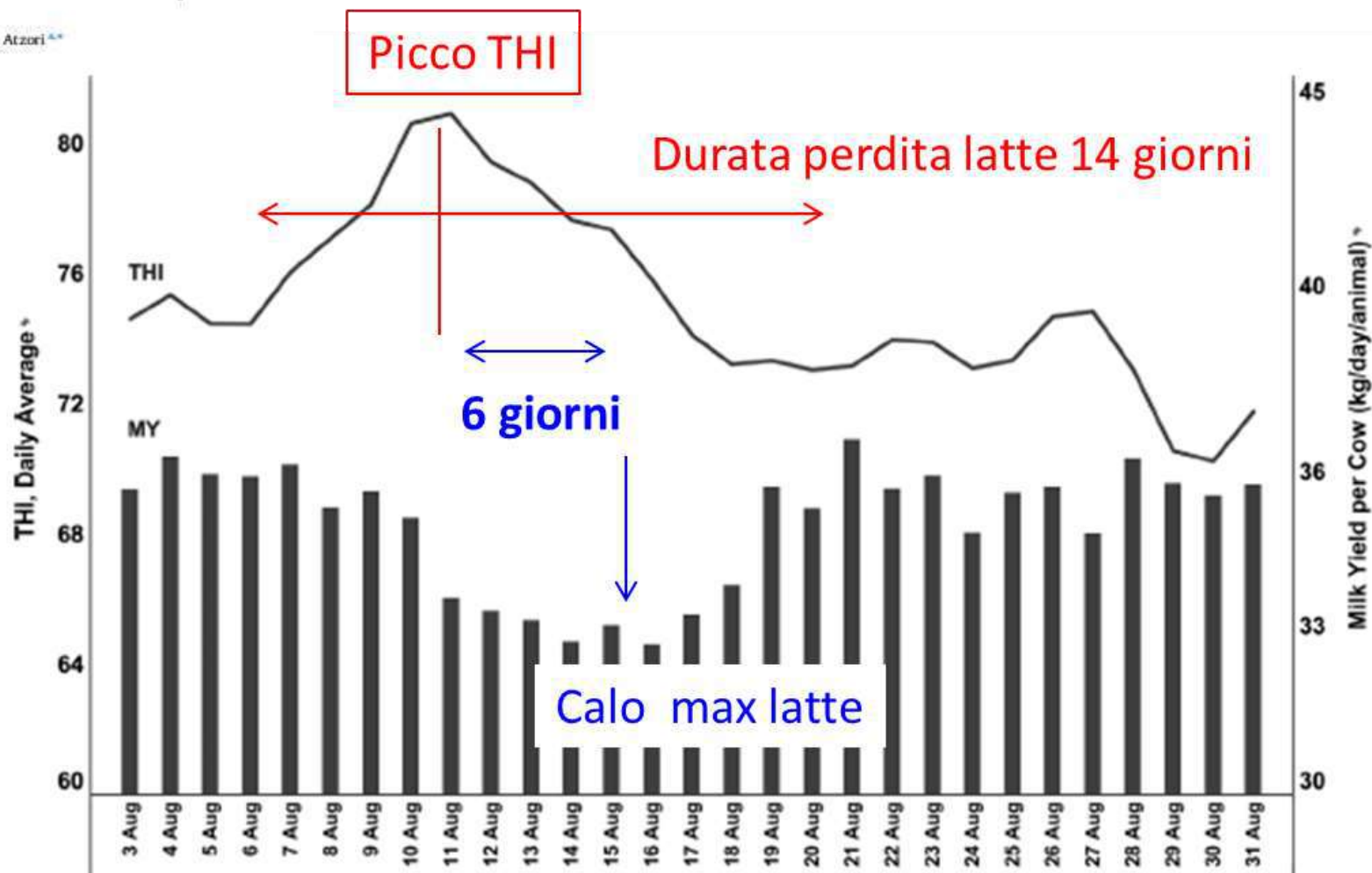


Perdita latte media giornaliera = 4%
Dal calo al recupero = 14 giorni

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

R. Cresci^{a,b,c}, B. Atamer Balkan^a, L.O. Tedeschi^c, A. Cannas^a, A.S. Atzori^{a,*}

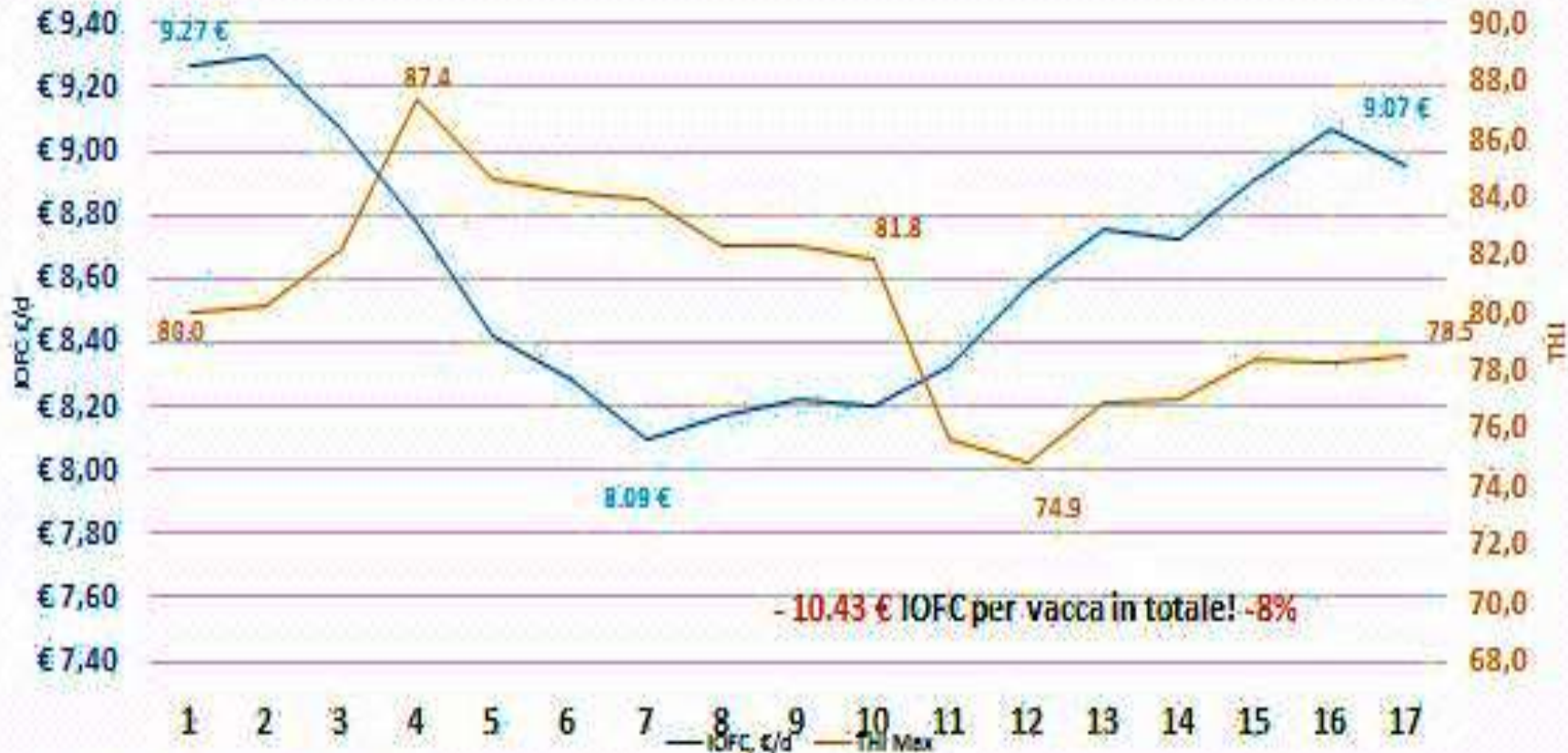
N= 8 aziende robot, media delle singole curve (circa 1400 capi)



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



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:

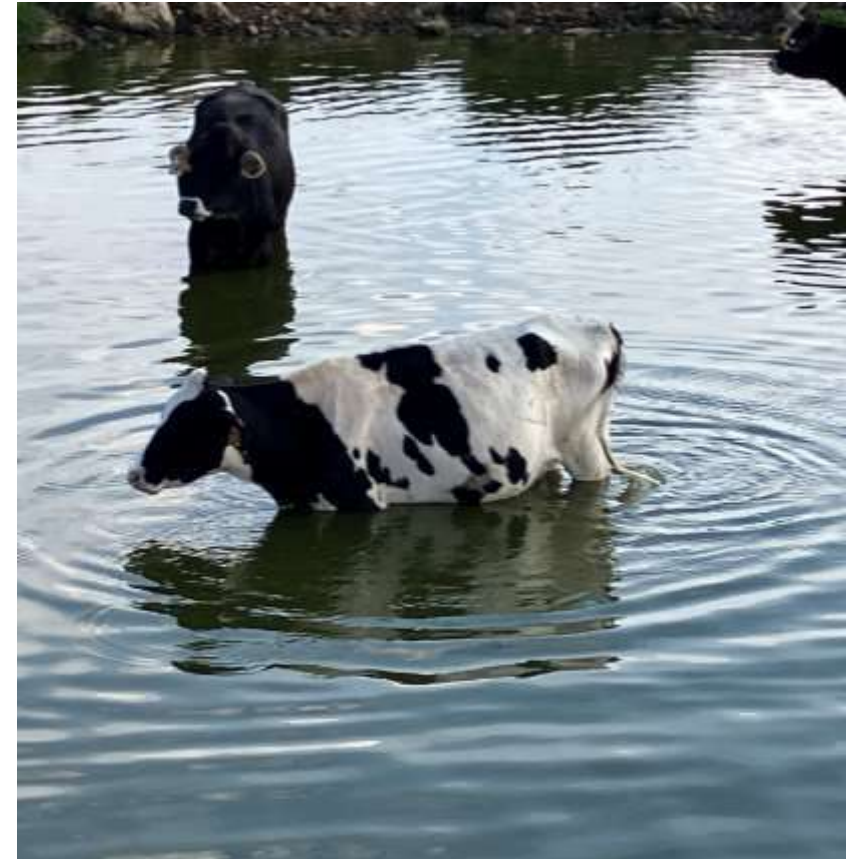
- Migliorare digeribilità e ingeribilità delle diete (qualità fibra)
- Studiare additivi e biocomposti per la dissipazione del calore: a) Vasodilatatori, b) Antiossidanti (capsaicina, tè verde, cacao, etc; Sejian et al., 2017; Bernabucci et al., 2023)
- Modulatori delle fermentazioni ruminali (Sejian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



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



PROGETTO NODES

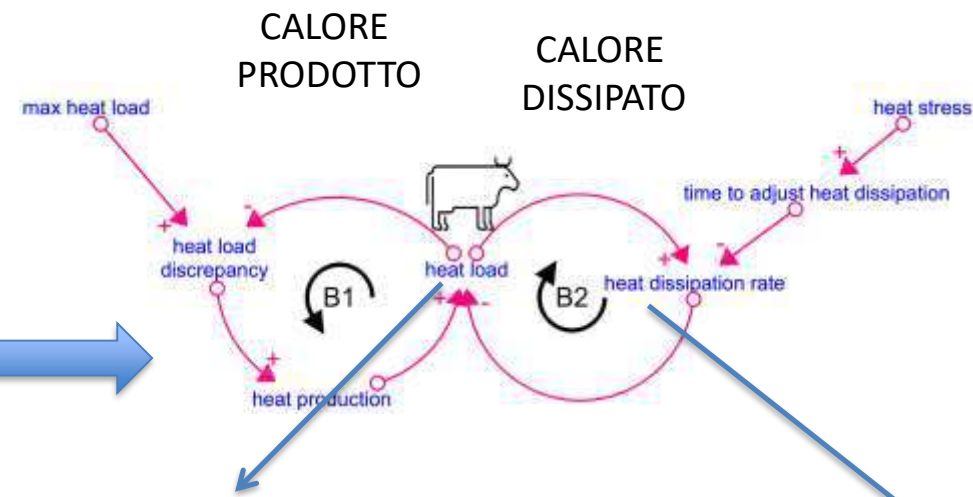


Atzori A.

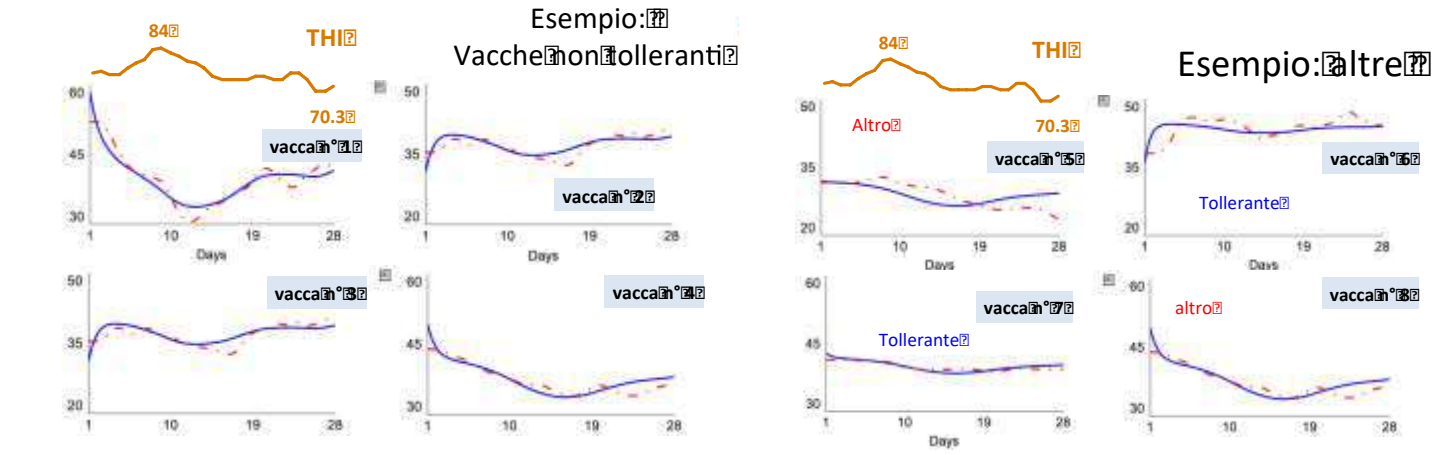
Barbato G.

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^a , Simone Ceccobelli^b , Francesco Perini^a, Eymen Demir^{a,c} ,
Salvatore Mastrangelo^d , Giuseppe Conte^e , Fabio Abeni^f , Donata Marletta^g,
Roberta Ciampolini^h , Martino Cassandroⁱ , Umberto Bernabucci^j and Emiliano Lasagna^a

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



gpulina@uniss.it



UNISS
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI SASSARI



SPIN-OFF di trasferimento tecnologico dell'Università di Sassari

Alberto Atzori UNISS PADENGHE 2024