

PRODUZIONE DI CARNE COLTIVATA: SOSTENIBILITÀ E SCENARI FUTURIBILI

Davide Biagini



INIZIAMO DAL NOME: «CARNE O NON CARNE»?



Mass media:

- ~~Carne finta~~
- Carne in provetta
- Carne cresciuta in lab
- ~~Carne coltita~~
- Carne da cellule coltivate
- ~~Carne senza animali~~
- ~~Carne senza uccisioni~~
- ~~Carne vegana~~

Mondo scientifico:

- Carne in coltura
- Carne coltivata
- Carne cellulare
- Carne in vitro
- ~~Carne sintetica~~

CIBO A BASE CELLULARE

Mass media:

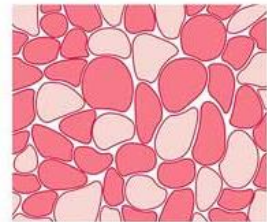
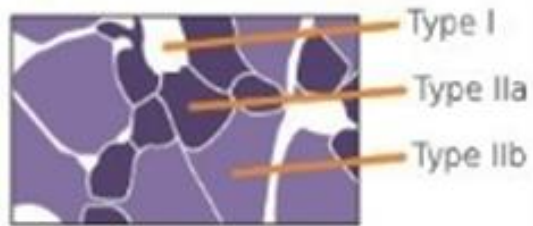
- ~~Carne convenzionale~~
- ~~Carne naturale~~
- ~~Carne tradizionale~~

Mondo scientifico:

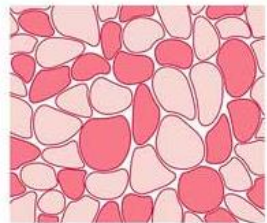
- Carni
- Carne
- Carne di ...

CARNE

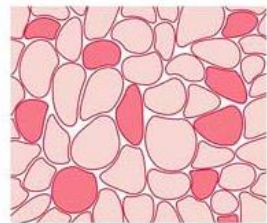
LA CARNE



Contrazioni lente (passo)



Sforzi intensi prolungati (trotto)



Sforzi intensi in breve tempo (galoppo)

Da un punto di vista **istologico** è un **alimento complesso** costituito da:

- ✓ **t. muscolare**: composto di fibre muscolari striate in fasci
- ✓ **t. connettivo**: di colore bianco e formato principalmente di collagene (tendini, legamenti, aponeurosi)
- ✓ **t. adiposo**: tessuto connettivo più o meno infiltrato di adipe che si distingue in **grasso interno** (es. il sego nei bovini e negli ovini e la sugna nei suini), **grasso di copertura** (es. il lardo nei suini), **grasso muscolare** (depositato nel connettivo dei fasci muscolari e disposto nelle forme di venatura, marezzatura, prezzemolatura)
- ✓ **t. secondari**: vasi sanguigni e linfatici (t. endoteliali), terminazioni nervose, cartilagini e ossa

Tessuti cresciuti in rapporto con un corpo e degli organi, svolgendo un'attività fisica che determina sintesi di **proteine contrattili**, condiziona il **tipo** e le **caratteristiche** delle **fibre muscolari**

MUSCOLO vs CARNE

Sebbene la carne rifletta la **natura chimica** e **strutturale** del muscolo, esistono sensibili differenze imputabili alla **modificazioni biochimiche** e **biofisiche** che intervengono dal momento della morte:

- ✓ Arresto circolazione sanguigna
- ✓ Mancato apporto di O_2 ai muscoli
 - ✓ Denaturazione proteica
 - ✓ Glicolisi anaerobica
- ✓ Rottura delle miofibrille
 - ✓ Abbassamento pH
 - ✓ ...

Che ci consentono di fare la **distinzione** tra **muscolo** e **carne**

Non è equivalente

(concetto di equivalenza sostanziale)



I VANTAGGI DELLA «CULTURED MEAT»



MOSA
Meat

Secondo **Mark Post** (farmacologo co-fondatore di Mosa Meat ©):

- ✓ Mitigare l'**impatto ambientale** aumentando la sostenibilità
 - ✓ Ridurre l'emissione dei **gas serra**
 - ✓ Ridurre il consumo di **risorse naturali**
 - ✓ Mitigare il problema del **benessere animale**
- ✓ **Soddisfare** l'aumento del **consumo di carne** a livello planetario
 - ✓ **Moralmente superiore**
 - ✓ Migliorare la **salute dell'uomo**
 - ✓ Risolvere un **problema sociale**

Per **Liz Specht** (vicepresidente Good Food Institute):

- ✓ Reazione rapida ai **cambiamenti del mercato**
- ✓ Risoluzione problema **smaltimento carcasse**

gfi / Good Food
Institute™



RISULTATI E LIMITI DEGLI STUDI ATTUALI

Review and analysis of studies on sustainability of cultured meat

Iris Vural Gursel, Mark Sturme, Jeroen Hugenholtz, Marieke Bruins



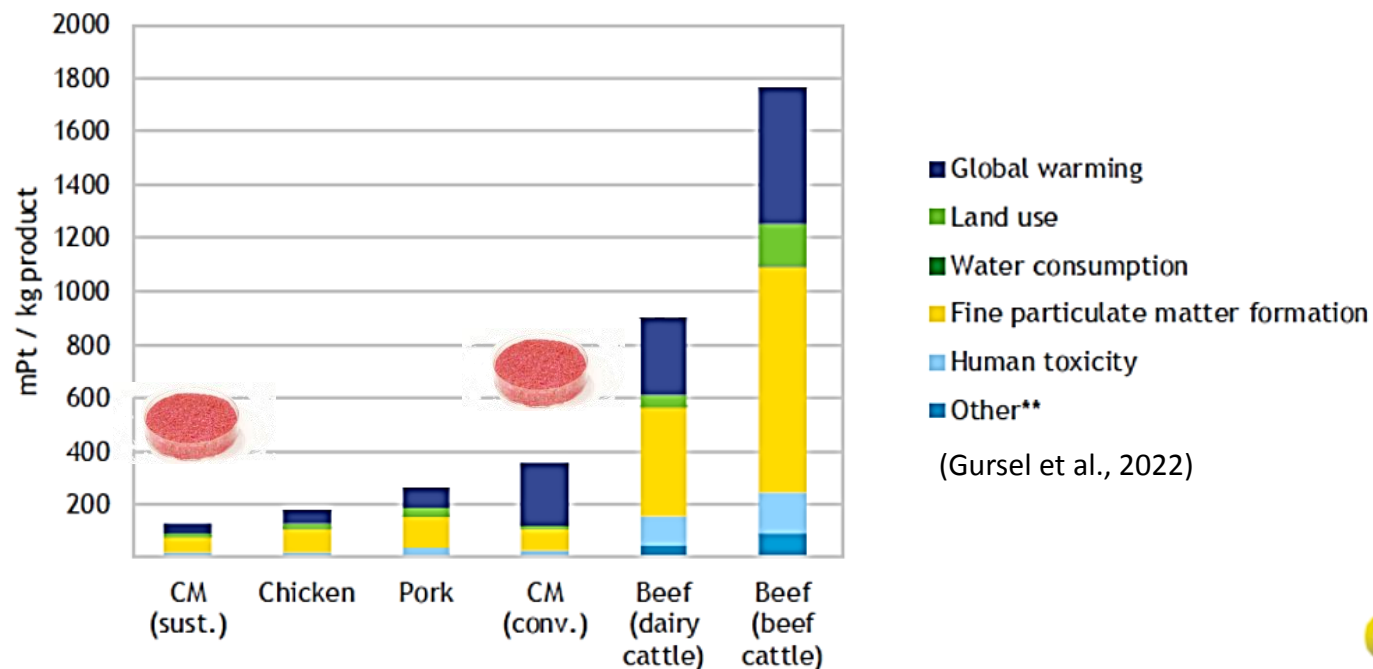
Limiti:

- ✓ pochi studi solo di **sostenibilità ambientale**
- ✓ condotti con metodologia **LCA** metodo codificato ma con limiti riconosciuti (es. definizione confini del sistema, inventario, ...)
- ✓ risultati **non comparabili** in assoluto
- ✓ studi fatti a **scala di laboratorio** con simulazione a livello operativo
(importante limite tecnico non affrontato sono i grandi volumi dei fermentatori e i tempi di coltivazione prolungati, che richiederanno misure di sterilità straordinarie)

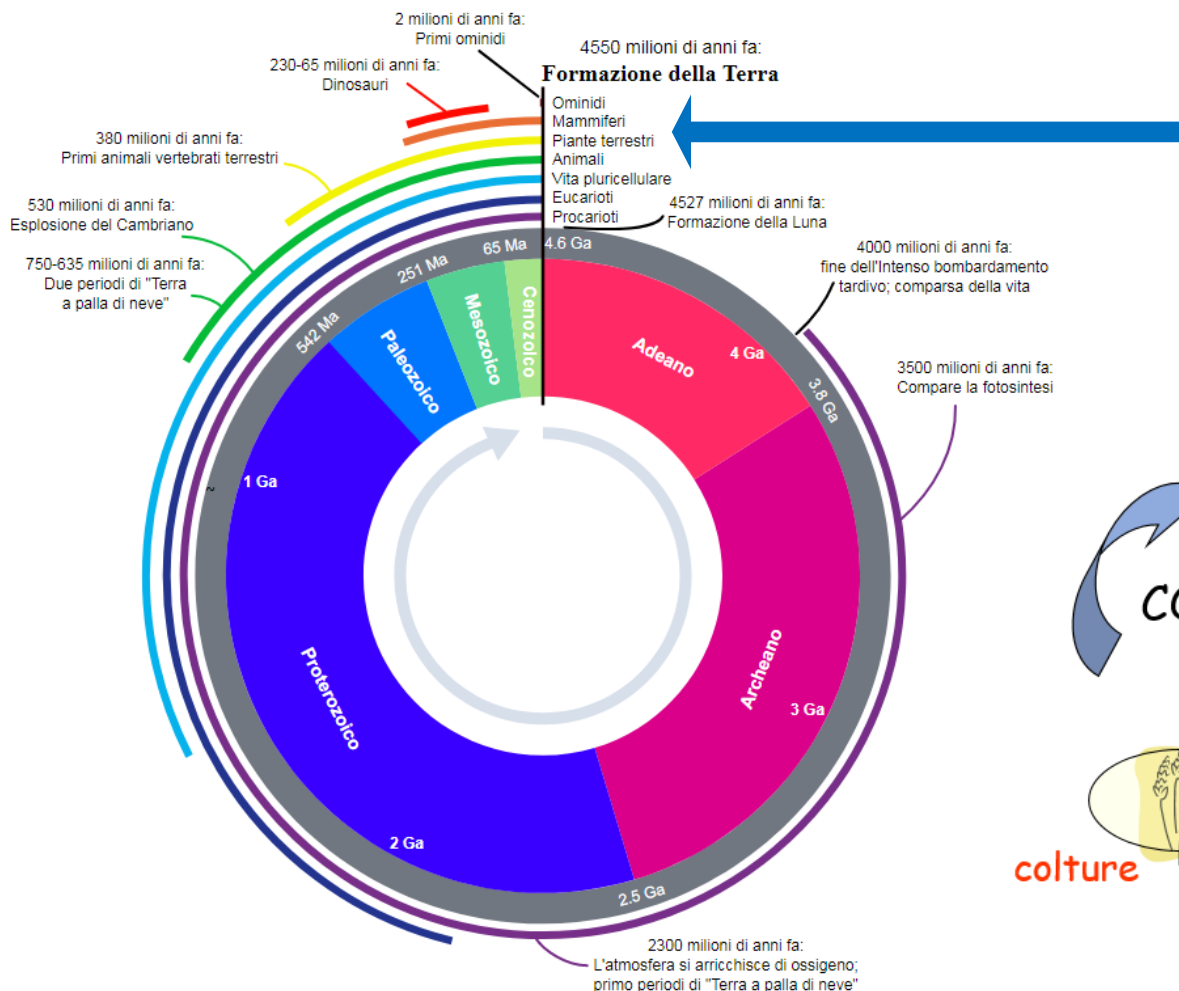
Table 1 Overview of LCA studies on cultured meat

Reference	Year	Title	Funding from
(Tuomisto and de Mattos, 2011)	2011	Environmental impacts of cultured meat production	New Harvest (USA)
(Tuomisto et al., 2014)	2014	Environmental impacts of cultured meat: alternative production scenarios	Joint Research Centre (EU)
(Carolyn S. Mattick et al., 2015)	2015	Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States	Arizona State University (USA)
(P Sinke and Odegard, 2021)	2021	LCA of cultured meat	GAIA (BE) and GFI (USA)

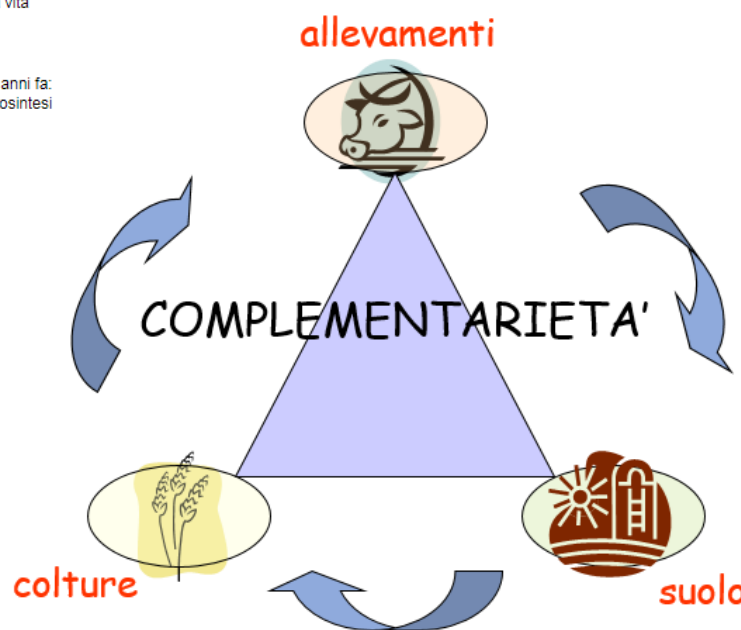
Environmental single score Cultivated meat (CM) compared to ambitious benchmark for conventional products*



1 - MITIGAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEGLI ALLEVAMENTI (E DELL'AGRICOLTURA)



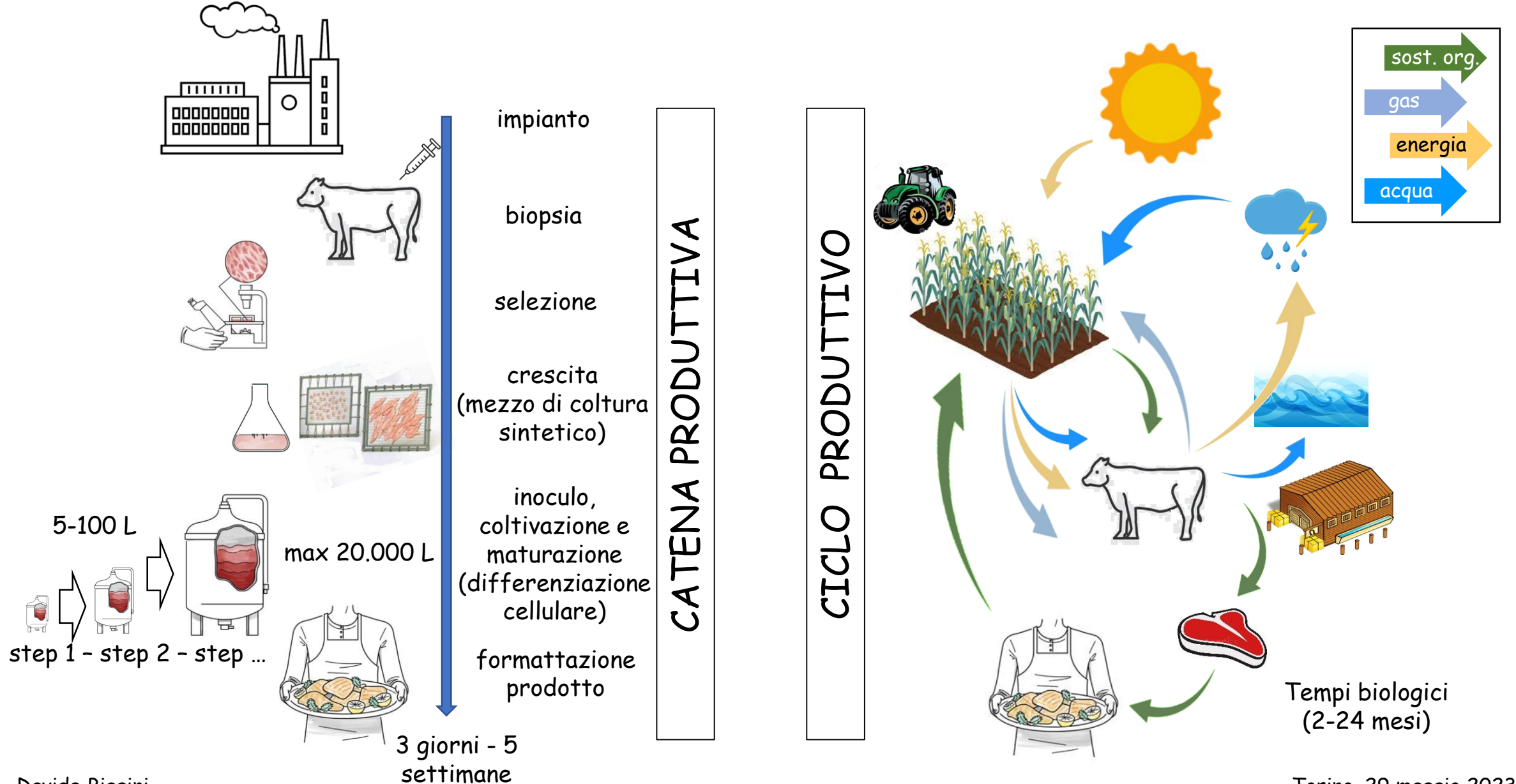
L'evoluzione della componente biotica sulla Terra ha portato all'attuale equilibrio in cui gli animali sono una componente essenziale dell'ambiente terrestre e del suo mantenimento



Gli animali sono fondamentali ai fini della sostenibilità dell'ecosistema agricolo e del territorio antropizzato

E' essenziale allevare un numero di animali proporzionato alla superficie coltivata/coltivabile per la circolarità dell'agricoltura

PROCESSO INDUSTRIALE VS PRODUZIONE NATURALE



RISORSE E RICICLAGGIO

Moltiplicazione cellulare



Le risorse non si autorigenerano e le sostanze di rifiuto devono essere smaltite

Sono necessari promotori di crescita per la moltiplicazione cellulare, integratori per la composizione nutrizionale, additivi per il sapore, coloranti per il colore e antimicrobici per la sicurezza alimentare

Alimenti iperprocessati

Allevamento



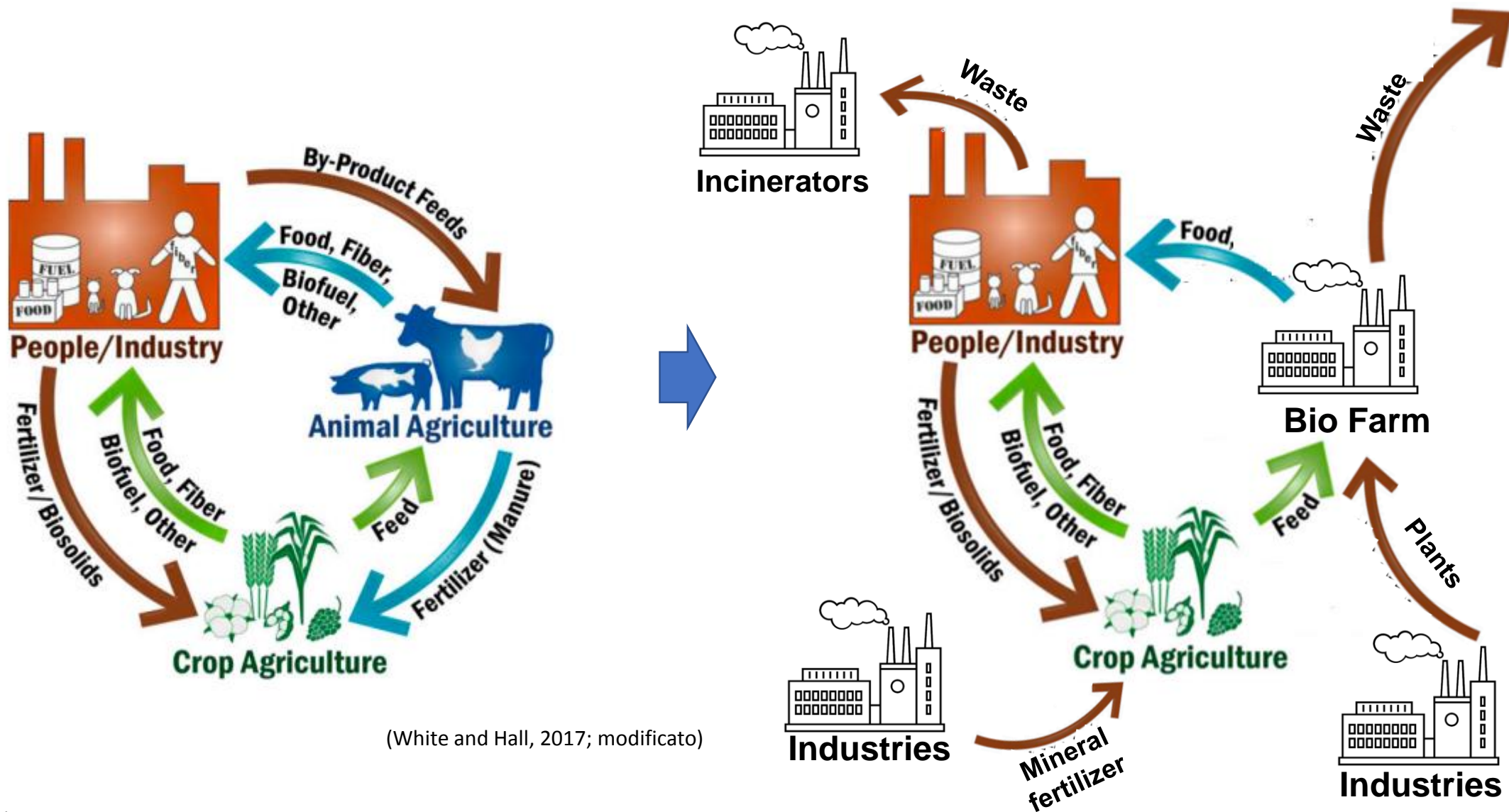
Le risorse si autorigenerano e le sostanze di rifiuto si degradano o possono essere riciclate

Non va sottovalutata la resilienza del sistema

Alimenti naturali

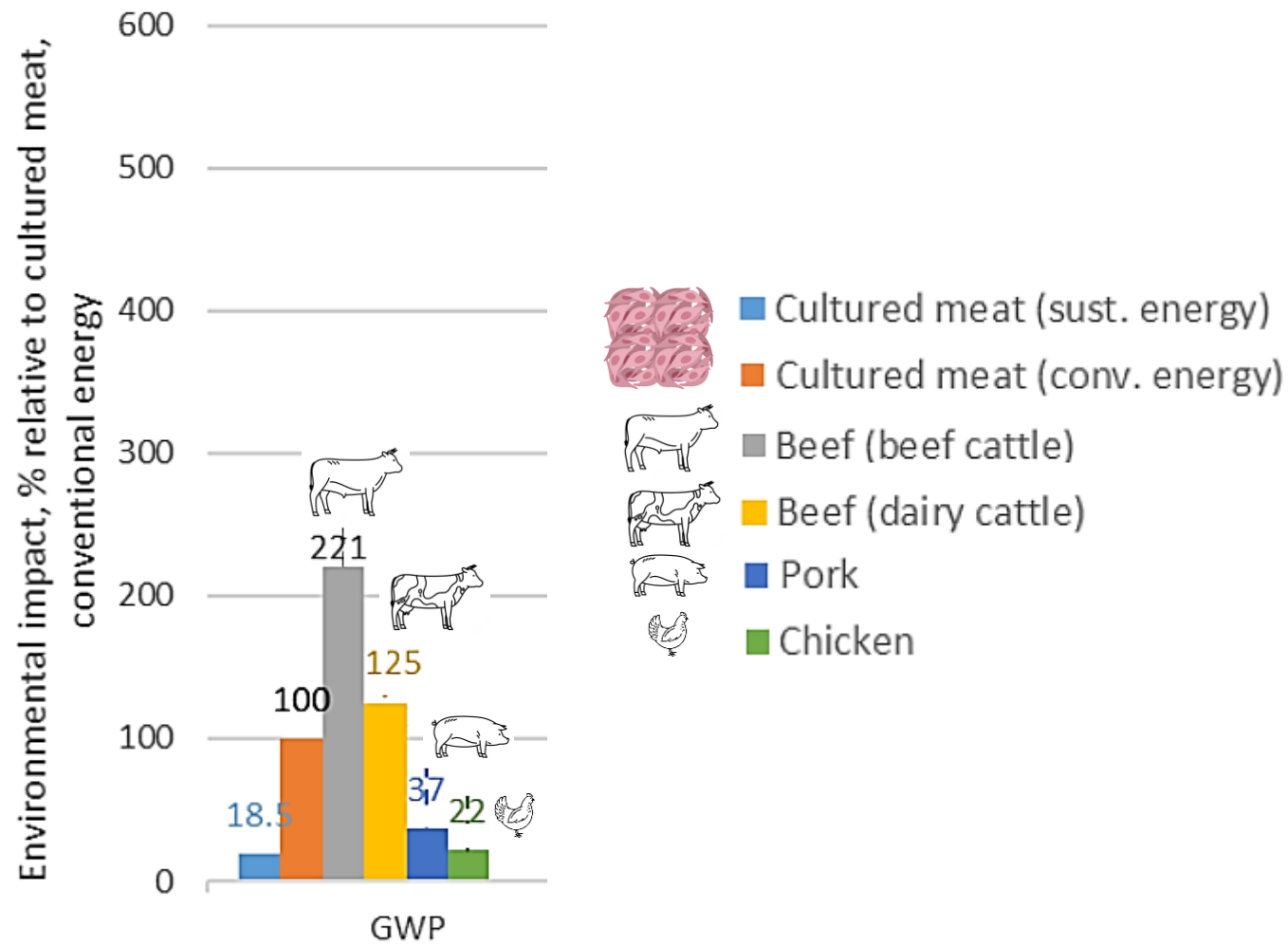


QUALE CIRCULARITA' ELIMINANDO GLI ANIMALI?



(White and Hall, 2017; modificato)

2 - RIDURRE L'EMISSIONE DI GAS SERRA



(Gursel et al., 2022; modificato)

Il confronto dipende dal mix energetico considerato per la carne coltivata:

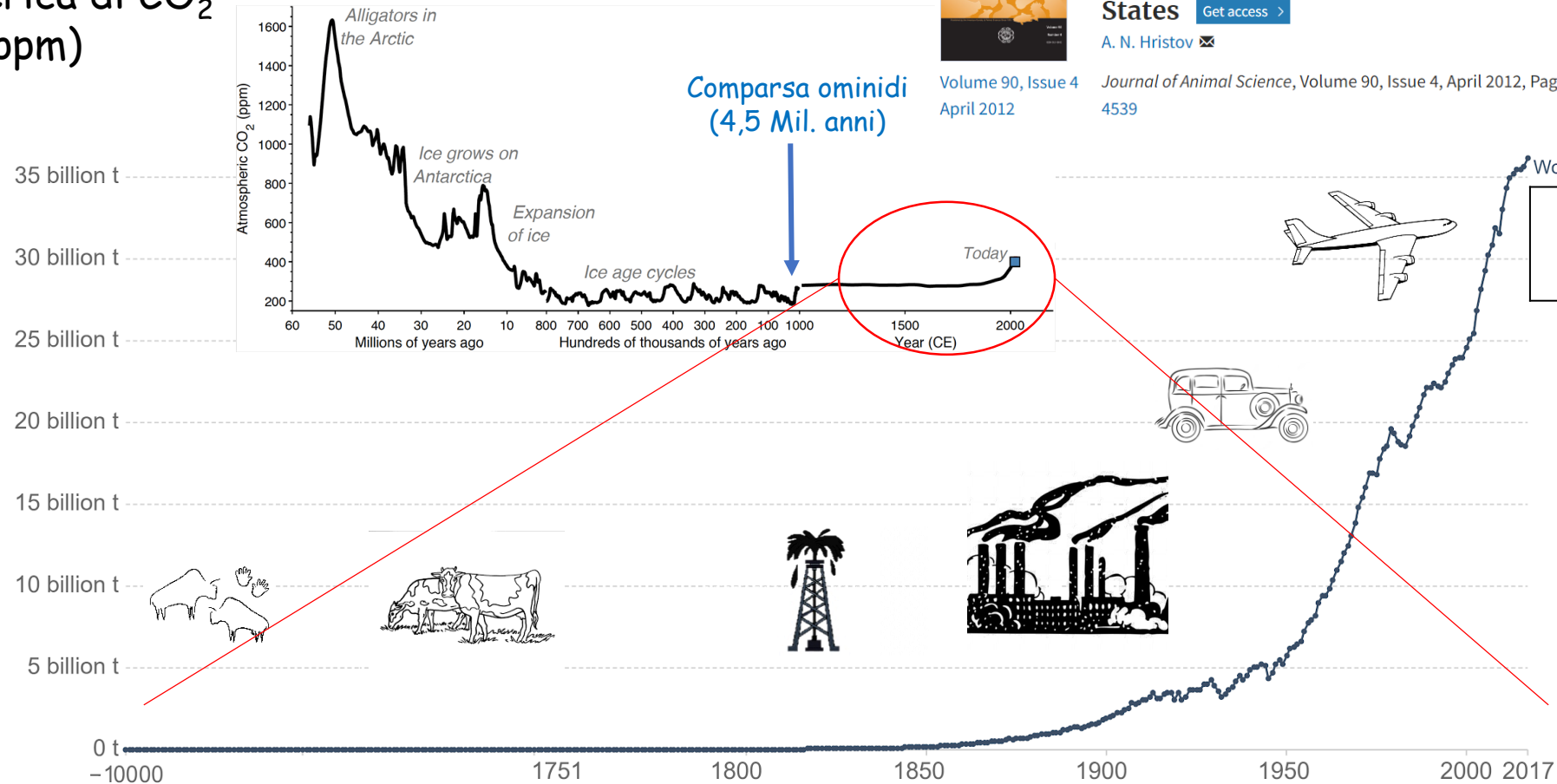
- ✓ scenario energetico convenzionale
- ✓ scenario energetico sostenibile

I bovini hanno un'impronta superiore ad entrambi gli scenari energetici

Maiale e il pollo hanno un'impronta di carbonio intermedia rispetto alla carne coltivata

IL CONTRIBUTO DEI RUMINANTI AL GWP

Concentrazione
atmosferica di CO₂
(ppm)



JOURNAL ARTICLE

Historic, pre-European settlement, and present-day contribution of wild ruminants to enteric methane emissions in the United States [Get access >](#)

A. N. Hristov

Volume 90, Issue 4
April 2012

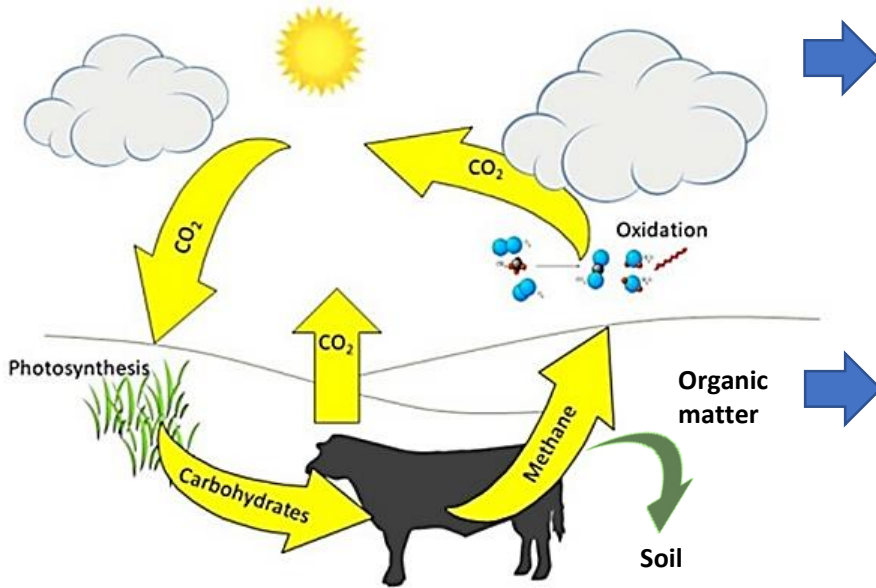
Journal of Animal Science, Volume 90, Issue 4, April 2012, Pages 1371–1375, <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4539>

Source: Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC)

Note: CO₂ emissions are measured on a production basis, meaning they do not correct for emissions embedded in traded goods.

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

... MA GLI ANIMALI NON SONO LA CAUSA DELL'ACCUMULO DI GHG



Il CH_4 biogenico impiega mediamente **12 anni** per essere ossidato a CO_2

(ONU, IPCC AR-4)

Gli animali favoriscono la sottrazione di CO_2 dall'atmosfera stimolando la fotosintesi e sotto forma di sostanza organica che si accumula nel suolo riducendo il rischio di erosione e desertificazione

Bertoni e Mariani, 2020 (Modificato)

Le nuove metriche (GWP^*) che considerano l'effetto serra dei gas a vita breve (come il metano prodotto dai ruminanti) evidenziano il ruolo degli allevamenti come strumento per la sottrazione di CO_2 prodotta da altri settori (carbon credits)



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

Fabio Correddu, Mondina Francesca Lunesu, Maria Francesca Caratzu & Giuseppe Pulina
Italian Journal of Animal Science, 22:1, 125-135

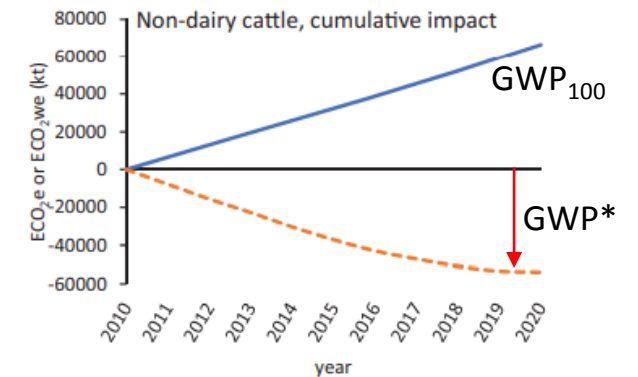
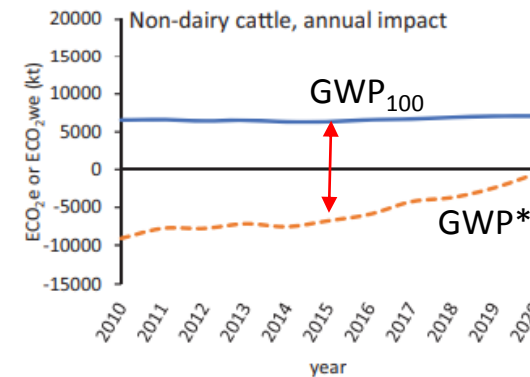
Liu et al. CABI Agric Biosci (2021) 2:22
<https://doi.org/10.1186/s43170-021-00041-y>

CABI Agriculture and Bioscience

RESEARCH Open Access

Rethinking methane from animal agriculture

Shule Liu, Joe Proudman and Frank M. Mitloehner



STIME DI LUNGO TERMINE

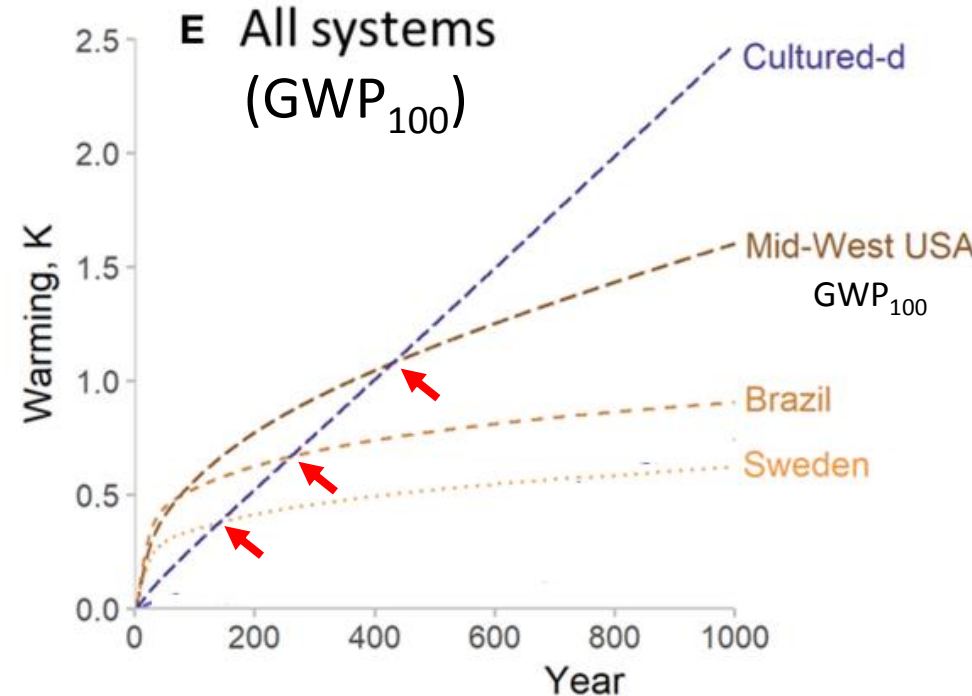
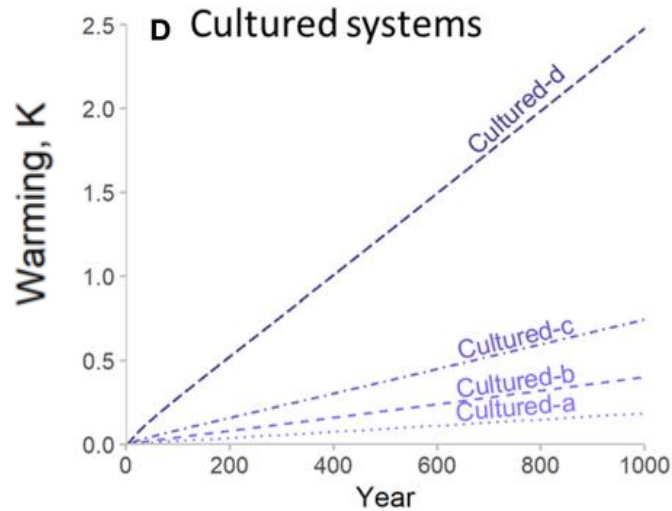


Citation:

Lynch J and Pierrehumbert R (2019)
Climate Impacts of Cultured Meat and
Beef Cattle.
Front. Sustain. Food Syst. 3:5.
doi: 10.3389/fsufs.2019.00005

Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle

John Lynch* and Raymond Pierrehumbert



libero con
pascolo

confinato

Impatto climalterante
di diversi sistemi di
allevamento

Nel lungo termine la carne coltivata avrebbe un maggior effetto surriscaldante degli allevamenti, anche calcolandolo in base al GWP₁₀₀

(Lynch, 2019; Modificato)

ELIMINANDO GLI ANIMALI

Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from US agriculture

Robin R. White^{a,1,2} and Mary Beth Hall^{b,1,2}

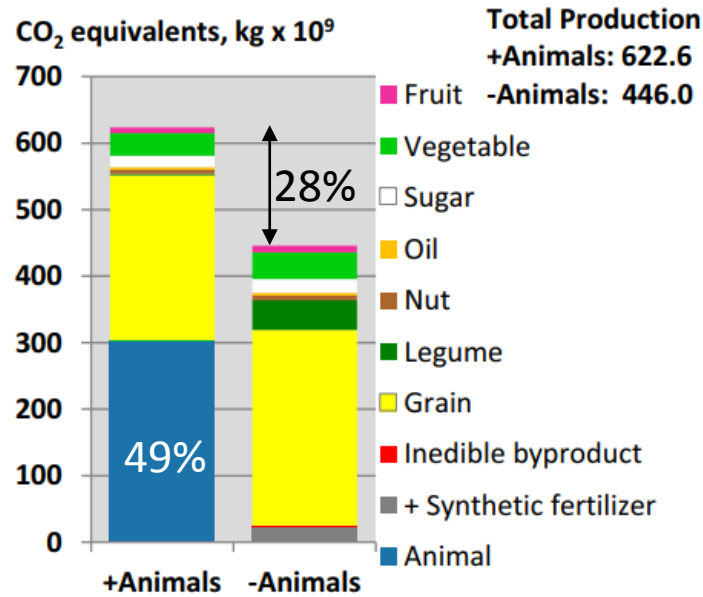
^aDepartment of Animal and Poultry Science, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061; and ^bUS Dairy Forage Research Center, US Department of Agriculture—Agricultural Research Service, Madison, WI 53706

Edited by B. L. Turner, Arizona State University, Tempe, AZ, and approved September 25, 2017 (received for review May 5, 2017)

As a major contributor to agricultural greenhouse gas (GHG) emissions, it has been suggested that reducing animal agriculture or consumption of animal-derived foods may reduce GHGs and enhance food security. Because the total removal of animals provides the extreme boundary to potential mitigation options and requires the fewest assumptions to model, the yearly nutritional and GHG impacts of eliminating animals from US agriculture were quantified. Animal-derived foods currently provide energy (24% of total), protein (48%), essential fatty acids (23–100%), and essential amino acids (34–67%) available for human consumption in the United States. The US livestock industry employs 1.6×10^6 people and accounts for \$31.8 billion in exports. Livestock recycle more than 43.2×10^3 kg of human-inedible food and fiber processing byproducts, converting them into human-edible food, pet food, industrial products, and 4×10^5 kg of N fertilizer. Although modeled plants-only agriculture produced 23% more food, it met fewer of the US population's requirements for essential nutrients. When nutritional adequacy was evaluated by using least-cost diets produced from foods available, more nutrient deficiencies, a greater excess of energy, and a need to consume a greater amount of food solids were encountered in plants-only diets. In the simulated system with no animals, estimated agricultural GHG decreased (28%), but did not fully counterbalance the animal contribution of GHG (49% in this model). This agriculture v

Specific to animal agriculture is the inherently energetically inefficient conversion of feed to usable products. Because animals (and humans) obey the laws of thermodynamics, energy that is converted to heat through metabolic processes is lost and not retained in tissues (5, 6). Acceptability of such inefficiencies depends upon the resources used in this conversion and the value of the resulting products. Livestock, particularly ruminants, consume substantial amounts of byproducts from food, biofuel, and fiber production that are not edible by humans, and they make use of untillable pasture and grazing lands that are not suitable to produce crops for human consumption (7, 8). When compared on a human-edible nutrient input to human-edible nutrient output basis, animal and plant foods can have similar efficiencies (9). Animals also provide more than food. A multitude of animal-derived products are used in adhesives, ceramics, cosmetics, fertilizer, germicides, glues, candles, refining sugar, textiles, upholstery, photographic films, ointments, paper, heart valves, and other products (10). Given these additional contributions, assessment of agricultural systems must consider that animals and crops affect more than GHG. Specifically, the impact of changes to US agriculture needs to be considered in the context of the overall effect on meeting the short- and long-term needs of human society. Evaluation of the most extreme alter-

Conclusions. The modeled removal of animals from the US agricultural system resulted in predictions of a greater total production of food, increases in deficient essential nutrients and excess of energy in the US population's diet, a potential increase in foods/nutrients that can be exported to other countries, and a decrease of 2.6 percentage units in US GHG emissions. Overall, the removal of animals resulted in diets that are nonviable in the long or short term to support the nutritional needs of the US population without nutrient supplementation. The mixed impact of eliminating animals from US agriculture illustrates the need for food system evaluations and decisions to be made based on a description of the system and on direct and indirect effects of a change that are as encompassing as possible.



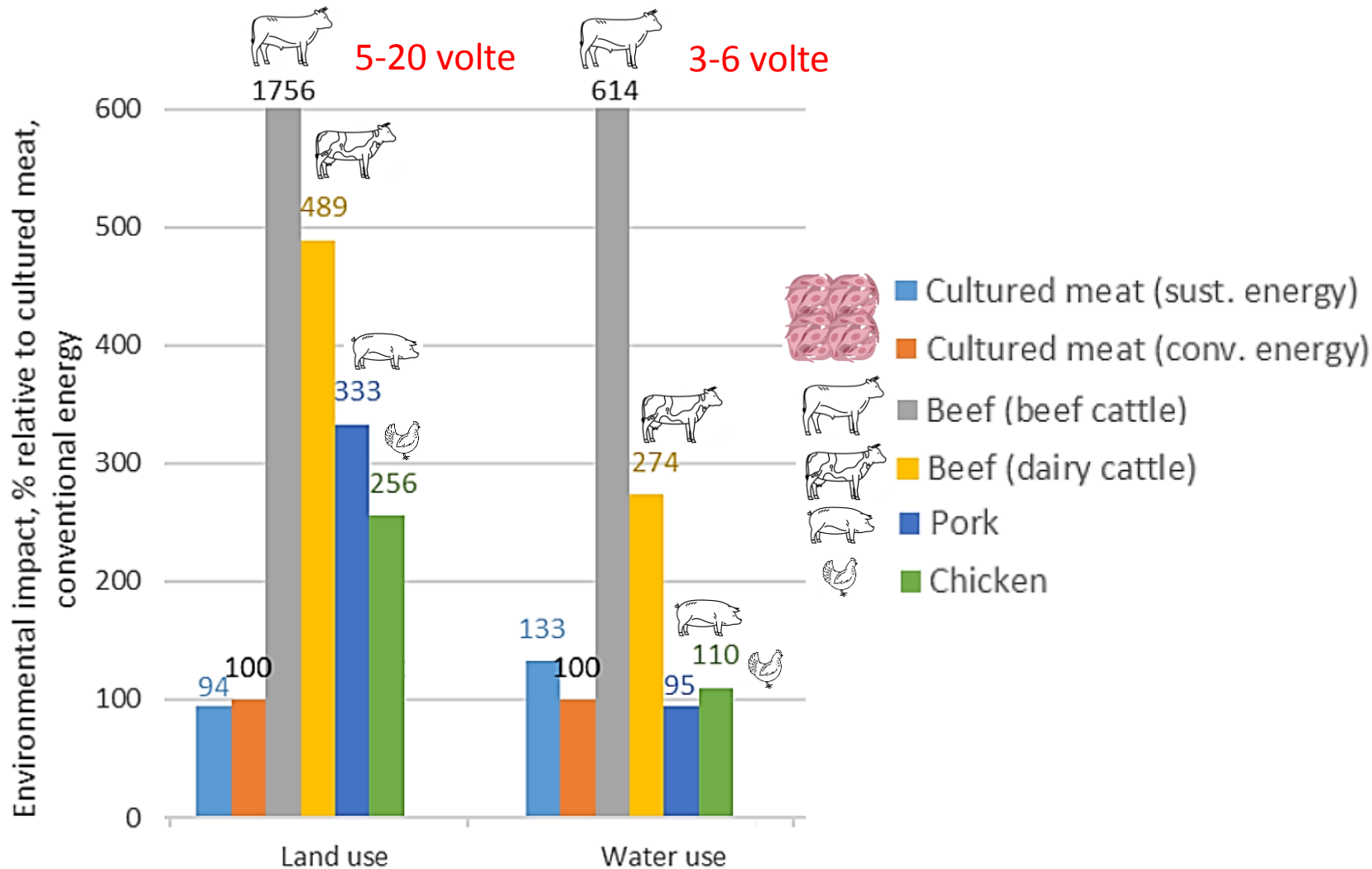
Sostituendo gli alimenti di origine animale con i vegetali occorre aumentare le superfici coltivate quindi si sostituiscono parte dei gas zootecnici con altri

NO -49 ma solo -28%

ma...

per approvvigionamenti diversi da quelli animali (concimi chimici, fibre, pet food, ecc.) eliminando gli animali si ha una riduzione del 2,6% in GHG

3 - RIDURRE L'USO DI RISORSE NATURALI



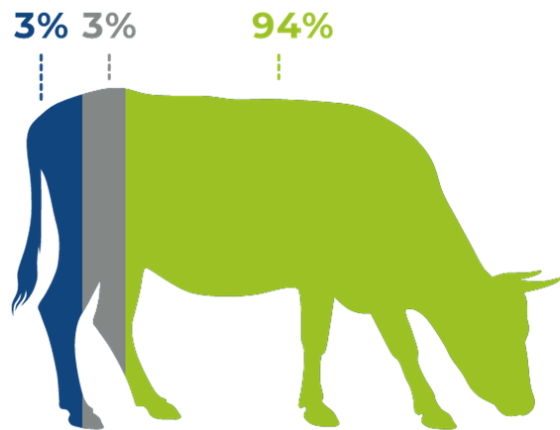
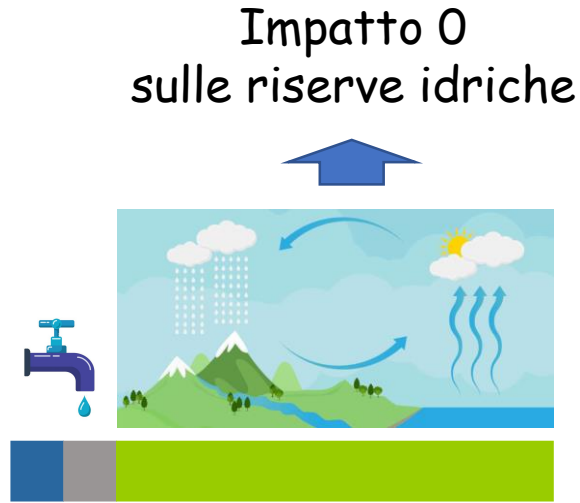
(Gursel et al., 2022; modificato)

Per l'uso del suolo, la carne coltivata ha prestazioni molto migliori rispetto ai prodotti a base di carne da allevamento

Per l'uso dell'acqua, la carne coltivata ha prestazioni paragonabili a pollo e maiale

In questo caso si evidenziano i limiti dell'LCA nel confrontare un processo industriale con un processo biologico

WATER FOOTPRINT



9.000-16.000 l/kg (WFP)
1.000-5.000 l/kg (LCA)

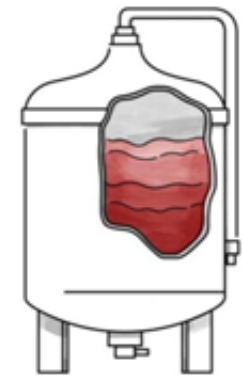
1 Green water	2 Blue water	3 Grey water
Rain water used	Irrigation water used	Fresh water used to dilute pollution
Comprende l'acqua evapotraspirata dalle colture	Comprende l'acqua di abbeverata e per i servizi d'allevamento	Comprende le acque reflue e comunque inquinate

Un processo basato su un ciclo biologico naturale è scontato utilizzi molta acqua: base della vita

In base alla stima effettuata con il **Net Water Footprint** (Atzori et al. 2016) il confronto si ridimensiona



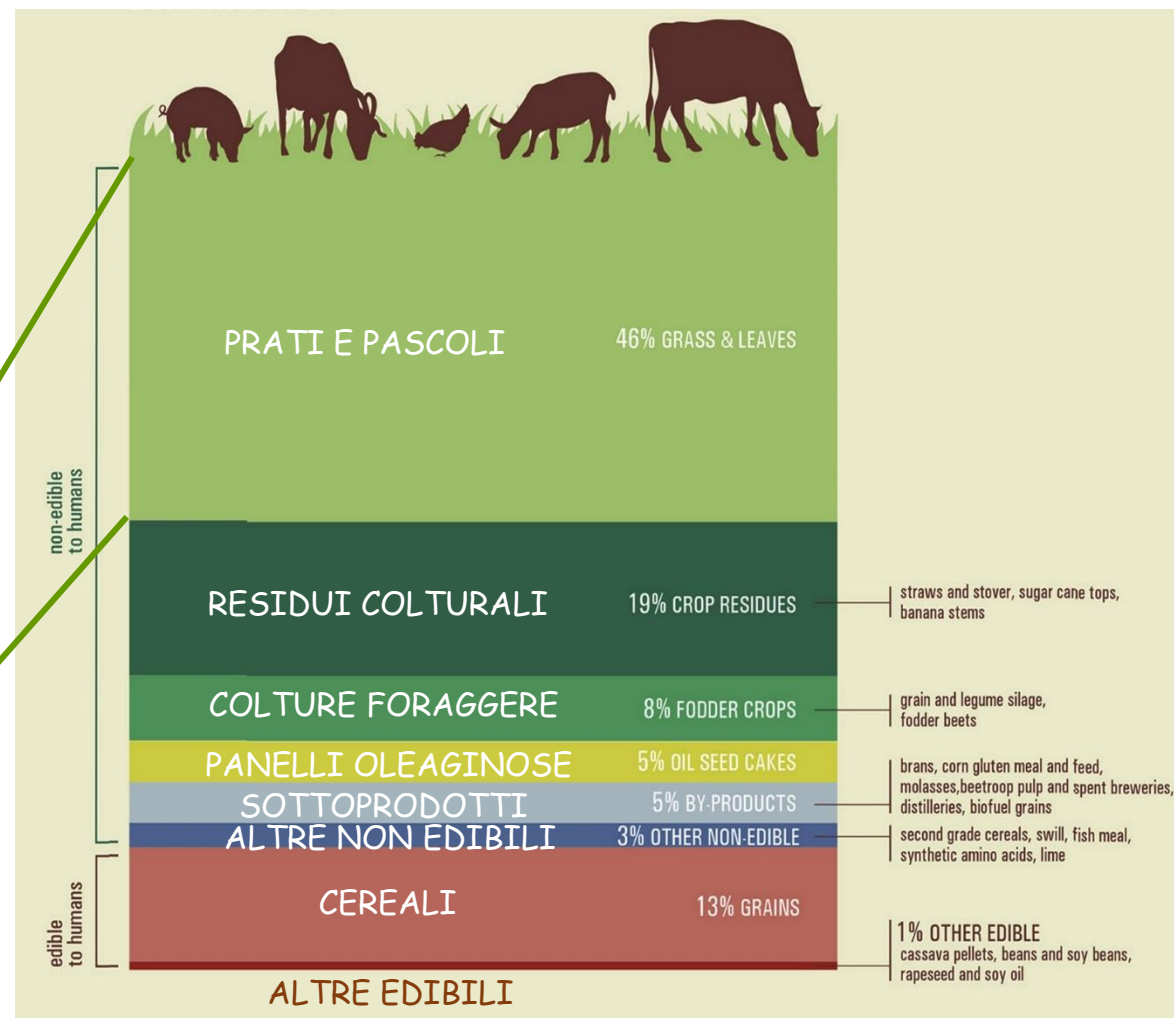
?% ?% 0-20%



42-840 l/kg (LCA)

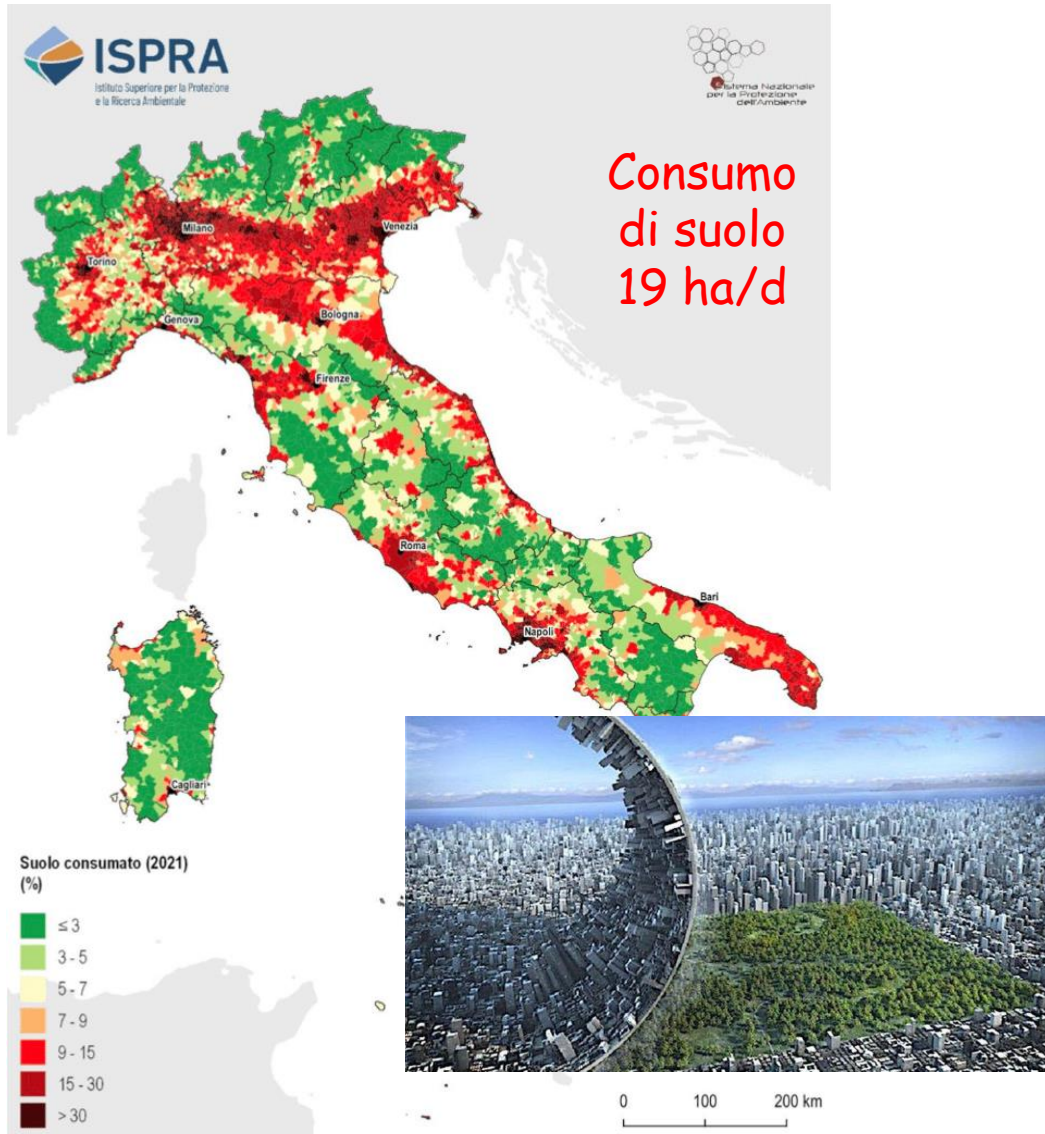
UTILIZZO DI SUOLO

Alimentazione



FAO, 2017 (Adattato da Mottet et al., 2017)

UTILIZZO DI SUOLO vs CONSUMO DI SUOLO



Davide Biagini

Se l'allevamento ha un elevato **utilizzo** di suolo (prati, pascoli, terre coltivate)



presidio al **consumo** di suolo (impermeabilizzazione)

Produzione di carne coltivata in impianti industriali con perdita di suolo arabile



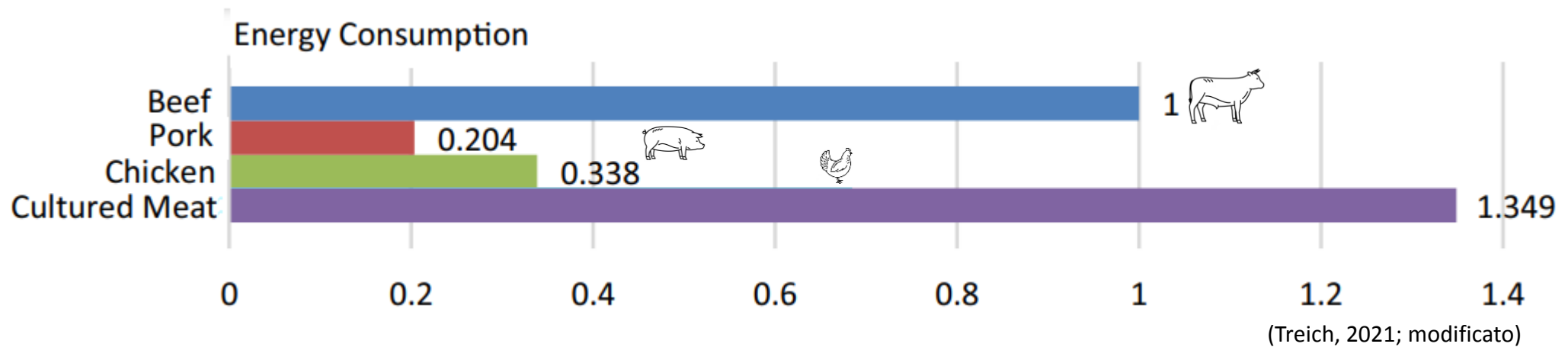
Per sostituire gli allevamenti a livello planetario occorrerebbero **11 milioni di bioreattori** (e 66 milioni di biopsie/anno)

Torino, 29 maggio 2023

CONSUMO ENERGETICO

L'industria della **moltiplicazione cellulare** è un'attività **energivora** che se anche utilizzasse fonti totalmente rinnovabili determinerebbe un impatto ambientale dato dal rilascio di anidride carbonica con lunga permanenza in atmosfera per i **materiali di sintesi richiesti**

L'attività zootecnica, invece, utilizza prevalentemente **energia solare** per sintetizzare con la fotosintesi e con il metabolismo **tessuti organici**

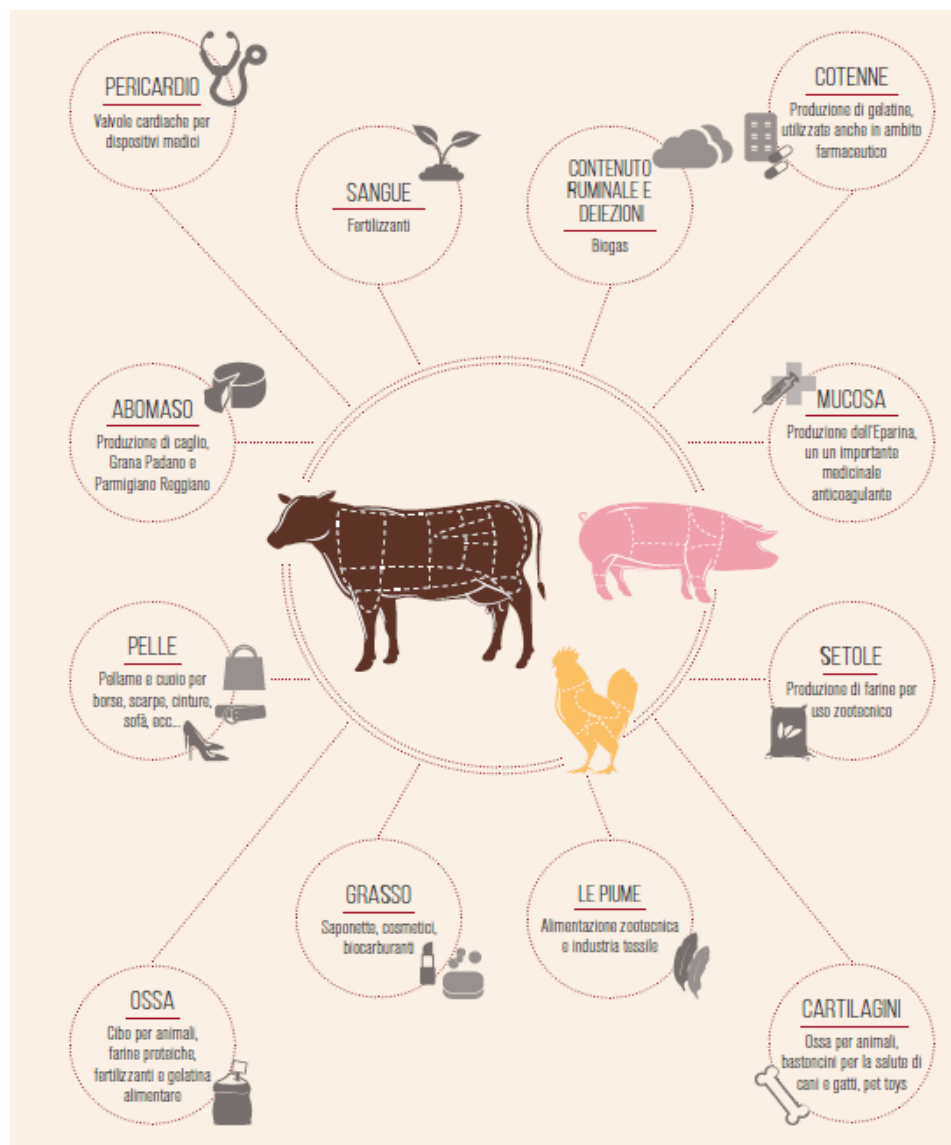


6 - RISOLUZIONE PROBLEMA SMALTIMENTO CARCASSE

Impieghi in campo:

- Medico
- Farmaceutico
- Cosmetico
- Energetico
- Fertilizzante
- Alimentare
- Tessile
- Artigianale

...



Ma è un **problema**?

I sottoprodotti della macellazione rappresentano una fonte di **materie prime** per molti altri processi produttivi costituendo fonte di reddito, lavoro e **prodotti naturali** (smaltimento facilitato)

In mancanza di questi sottoprodotti, dovremo produrre **carne sintetica** anche per gli **animali d'affezione** (carnivori)?

↓
35,27 milioni ton (Alltech, 2023)

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il cibo cellulare:

- ✓ sarà nel nostro futuro e rappresenterà una possibile scelta alternativa per soddisfare particolari esigenze etiche, filosofiche, religiose e tecnologiche (viaggi spaziali)
- ✓ al di là di quello che viene detto e dell'immagine che ne viene data, può presentare delle criticità in termini di sostenibilità del processo e di sviluppo sostenibile delle comunità umane, ma questo aspetto potrà essere pienamente valutato solo quando si avranno i primi impianti operativi



Necessità di un panel interdisciplinare di esperti indipendenti che valuti obiettivamente gli scenari che l'introduzione di carne coltivata può aprire adottando metodi di comparazione più consoni ad un confronto tra sistemi così diversi

Nel frattempo, più che vietare, è importante informare per consentire scelte consapevoli

Informare sul ruolo che il consumatore può avere con le sue scelte in termini di effetti non solo ambientali ma anche sulla tutela del patrimonio culturale, storico, religioso e filosofico legato alla carne

Il settore zootecnico richiede cambiamenti ed adattamenti alle mutate condizioni socio-economiche ed ambientali e questa transizione è già in atto