

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



TESI DI LAUREA

**SOSTENIBILITA' AMBIENTALE:
L'ALIMENTAZIONE DEL FUTURO è PLANT BASED**

Relatore: Chiar.mo PROF. ROBERTO RAGA

Laureando: ROSSANA GOLIA

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

- 1) Introduzione
- 2) Consumo di carne nel mondo
- 3) Impatto ambientale degli allevamenti
 - 3.1) Allevamenti più impattanti
 - 3.2) Emissioni di GHG
 - 3.3) Acidificazione
 - 3.4) Eutrofizzazione
 - 3.5) Deforestazione
 - 3.6) Biodiversità
 - 3.7) Consumo d'acqua
 - 3.8) Inefficienza
- 4) Confronto di una dieta plant based e una dieta meat based
- 5) La dieta plant-based dal punto di vista della nostra salute
- 6) Conclusione

1) Introduzione

Il mondo è già più caldo di 1,1°C rispetto agli inizi della rivoluzione industriale e il superamento della soglia di 1,5°C di aumento della temperatura sta per avvicinarsi, i livelli dei gas effetto serra che intrappolano il calore nell'atmosfera stanno raggiungendo livelli record. (1)

Oltre ai cambiamenti profondi che andrebbero intrapresi nel nostro sistema, negli ultimi anni ridurre il nostro impatto ambientale è diventato un impegno importante. Cambiare le nostre abitudini può aiutare alla lotta contro i cambiamenti climatici che in questo periodo storico si sta facendo sempre più concreta.

Il modo in cui ci alimentiamo influisce molto sul nostro impatto ambientale: oggi la maggior fonte di proteine nella nostra alimentazione deriva da prodotti animali e l'industria degli allevamenti è una di quelle che impatti maggiormente sull'ambiente. Il contributo dell'industria della carne è uno dei più importanti, si stima che emetta 7,1 gigatonnellate di CO₂eq all'anno, rappresentando il 14% di tutte le emissioni umane.

L'agricoltura è responsabile del 10% delle emissioni europee di GHG e in Europa 68% di quelle terre coltivate viene destinata all'allevamento.

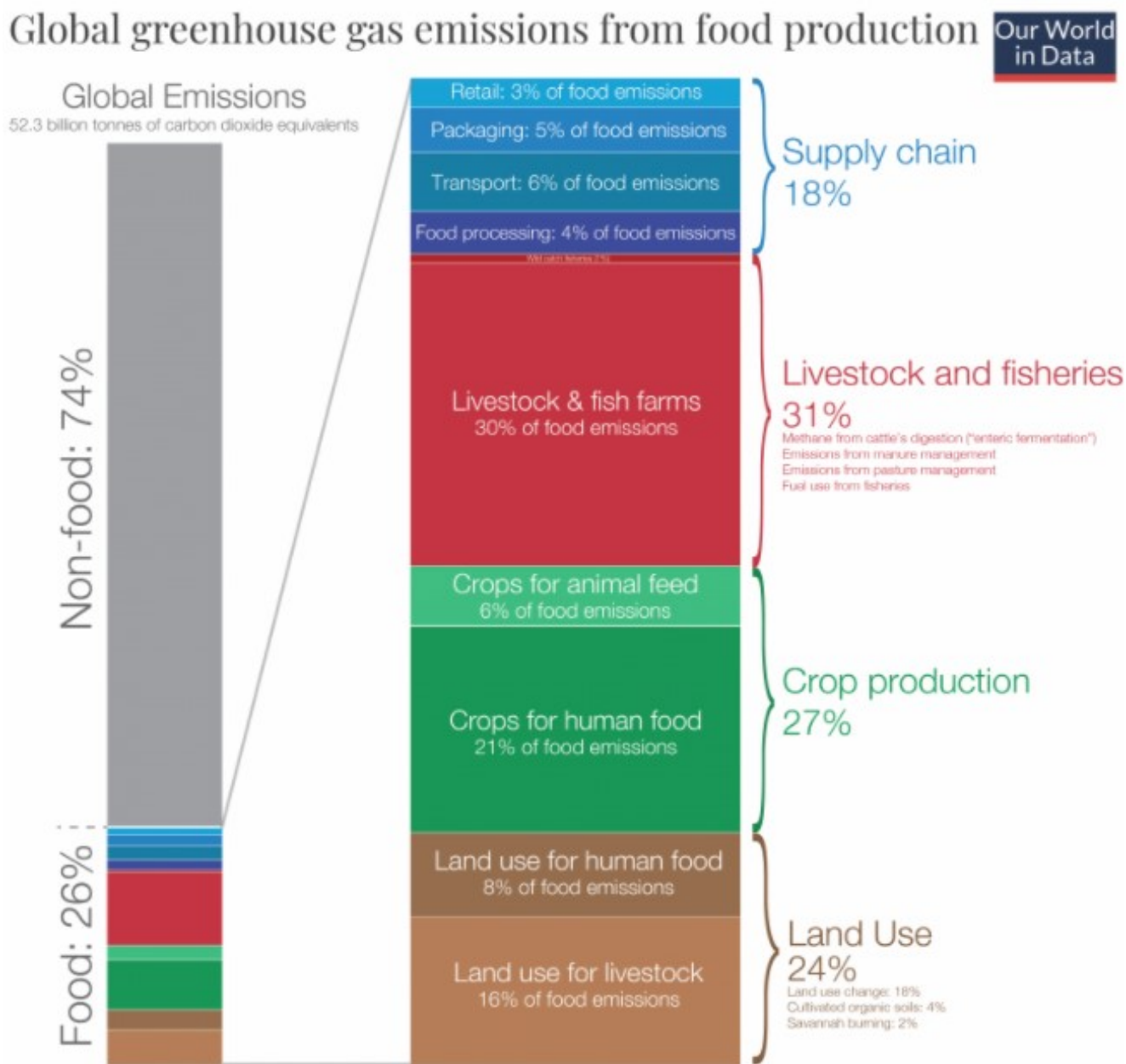
Come possiamo osservare nella Figura 1 pesare di più sono la produzione e la lavorazione dei mangimi, che contribuiscono al 45% delle emissioni, il processo digestivo delle mucche e la decomposizione del letame, che rappresentano, rispettivamente, il 39% e il 10% dei gas serra emessi. (2)



Figura 1. Le diverse fonti di gas serra prodotti dal settore zootecnico (2)

Secondo lo studio eseguito da Hannah Ritchie and Max Roser (2020) nel 2018, le emissioni del sistema alimentare erano pari al 26% delle emissioni totali di gas a effetto serra. Con il 31% delle emissioni provenienti da allevamenti e pesca (Figura 2).

Il maggior contributo è stato fornito dalle attività agricole e di utilizzo del territorio/cambiamento di destinazione del suolo (71%), mentre il rimanente è stato fornito dalle attività della catena di approvvigionamento: commercio al dettaglio, trasporti, consumo, produzione di combustibile, gestione dei rifiuti, processi industriali e imballaggio. (Hannah Ritchie and Max Roser, 2020)



Data source: Joseph Poore & Thomas Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Published in Science. OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Figura 2. Emissioni globali di GHG derivanti dalla produzione di alimenti. (Ritchie and Roser, 2020)

Secondo alcune stime possiamo emettere solo altri 1405 miliardi di tonnellate fino al 2100 per mantenere l'aumento della temperatura al di sotto del 2 °C con una probabilità del 67%. Se dovessimo mantenere le emissioni alimentari annuali per altri 80 anni, emetteremmo 1356 Gt in totale fino al 2100. Questo ci lascerebbe per tutti gli altri settori 49 miliardi di tonnellate, che sono attualmente circa la stessa quantità di emissioni in un anno. Quindi se dovessimo produrre come al solito, dovremmo emettere 80 volte meno per tutti gli altri settori. (Clark et al., Science 370, 2020)

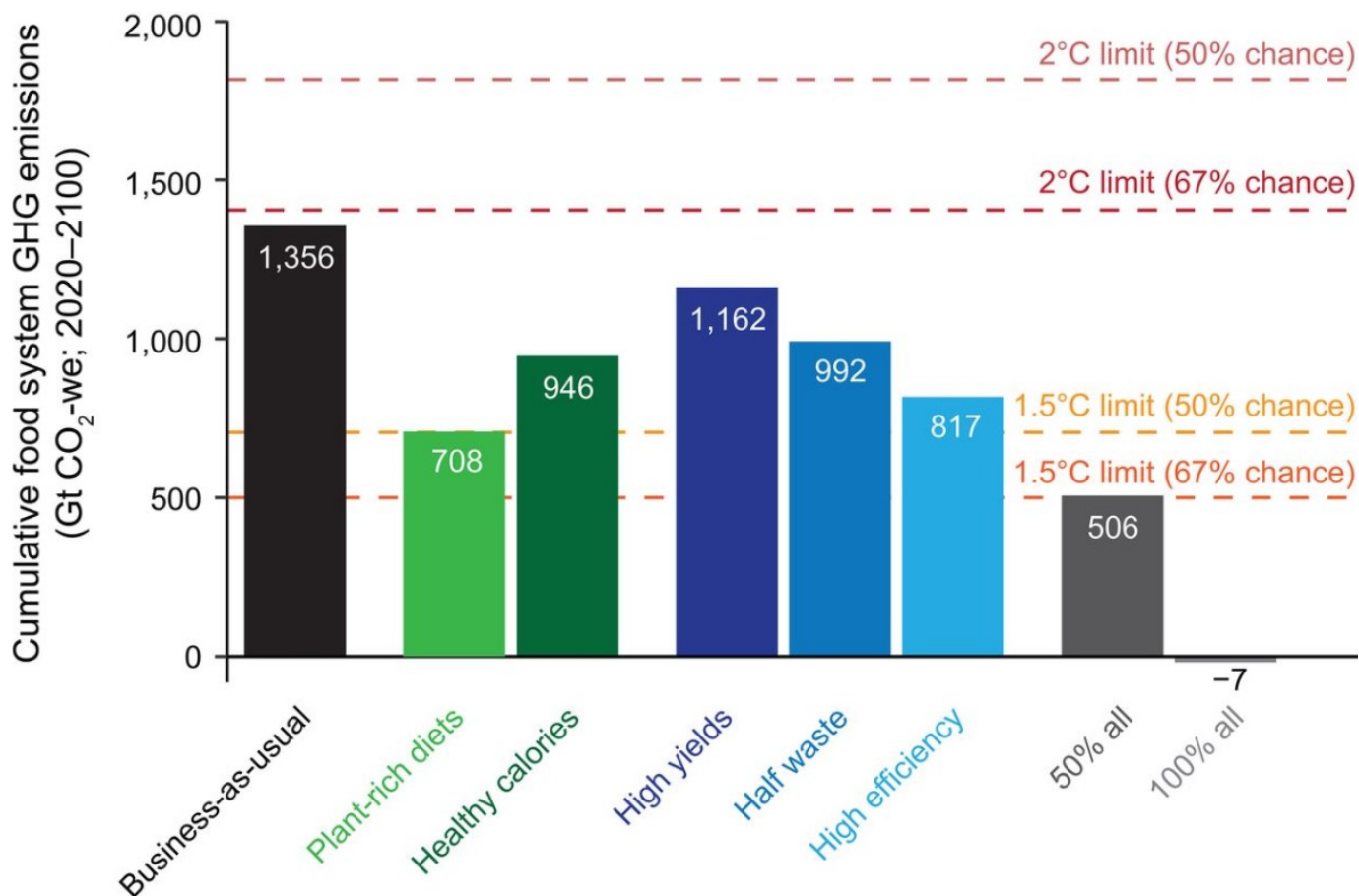


Figura 3. Previsioni per le emissioni cumulative di gas a effetto serra dal 2020 al 2100 che saranno prodotte esclusivamente dal sistema alimentare globale, per le emissioni normali e per i vari cambiamenti del sistema alimentare che comportano riduzioni delle emissioni. (Clark et al., Science 370, 2020)

Il grafico in Figura 3 indica i possibili scenari. La barra nera indica le emissioni business-as-usual, le barre verdi indicano cambiamenti ai modelli dietetici, le barre blu indicano cambiamenti alle catene di approvvigionamento alimentare, e le barre grigie indicano cambiamenti combinati di tutte e cinque le strategie individuali. Lo scenario di dieta plantbaed si basa sulle raccomandazioni EAT-Lancet, lo scenario di healthy calories contiene ~ 2100 chilocalorie al giorno per persona, lo scenario di rese elevate comporta rese che sono 50% sopra le attuali rese massime potenziali, lo scenario a metà spreco prevede una riduzione delle perdite e degli sprechi alimentari del 50% e lo scenario ad alta efficienza indica una riduzione del 40% delle emissioni di gas a effetto serra per unità di cibo prodotto.

Le due colonne più a destra indicano una transizione globale a metà strada (50% tutto) o interamente (100% tutto) verso l'adozione entro il 2050 di tutte e cinque le strategie: dieta ricca di piante, calorie sane, alte rese, metà dei rifiuti e cambiamenti di alta efficienza. Le linee orizzontali indicano le emissioni cumulative massime da tutte le fonti (alimentari e non alimentari) compatibili con una probabilità del 50 o del 67% di raggiungere gli obiettivi di temperatura 2' (rosso) e 1,5 C (arancione). (Clark et al., Science 370, 2020)

Da una lettura di questo grafico per mantenere sotto controllo l'aumento delle temperature un cambiamento nella nostra alimentazione sembra fondamentale.

Oltre alle emissioni di gas serra gli allevamenti sono responsabili di molte altre problematiche, come mancanza di biodiversità, consumo di terreni, deforestazione, eutrofizzazione e acidificazione.

Inoltre, con la continua crescita della popolazione che secondo stime arriverà quasi a 10 miliardi nel 2050, il problema delle risorse alimentari si fa sempre più concreto, la richiesta di proteine e quindi l'intensificazione degli allevamenti porterà a un aumento delle problematiche e mantenere questo stile di alimentazione potrebbe portare a un maggiore impatto ambientale.

L'Overshot day, che indica il giorno nel quale l'umanità consuma interamente le risorse prodotte dal pianeta nell'intero anno, sta arrivando ogni anno prima (Figura 4), indicando il continuo aumento delle risorse utilizzate nel nostro pianeta.

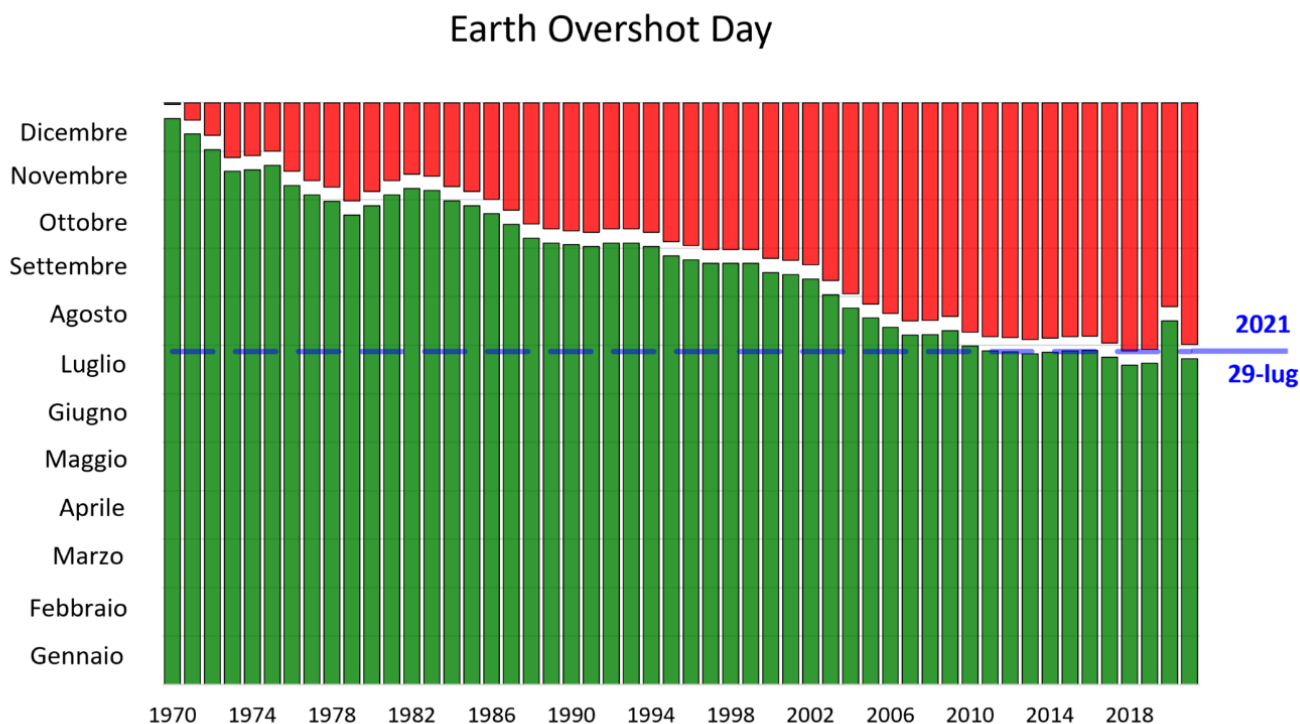


Figura 4. Progressione dell'Overshot day da 1970 al 2021. (3)

Tutti questi fattori analizzati ci portano a pensare a un necessario cambiamento nel nostro stile di alimentazione, cercando di capire quali alimenti della nostra dieta abbiano il maggior impatto ambientale e preferendo quelli con un minor effetto da punto di vista ambientale.

2) Consumo di carne nel mondo e nel tempo

Il consumo di carne non è uguale in tutto il mondo, l'indagine svolta da Micha et al. § ha recentemente raccolto 266 indagini dietetiche individuali in 113 paesi al fine di stimare il consumo globale di carne rossa e carne lavorata.

La media mondiale 2010 del consumo pro capite di 42 g di carne rossa non processata e 14g al giorno di carne lavorata (includendo carne rossa e bianca).

Le differenze tra i vari paesi però ci sono, con i paesi ad alto reddito (60 a 91 g giorno⁻¹) e latino-americani (27 a 44 g giorno⁻¹) che sono quelli che consumano di più, e l'Africa (7 a 34 g giorno⁻¹) e l'Asia (4 a 7 g giorno⁻¹) che consumano di meno.

La continua crescita della popolazione porterà inevitabilmente a una crescita della domanda di carne rossa, anche come conseguenza del benessere nei paesi in via di sviluppo (Figura 5).

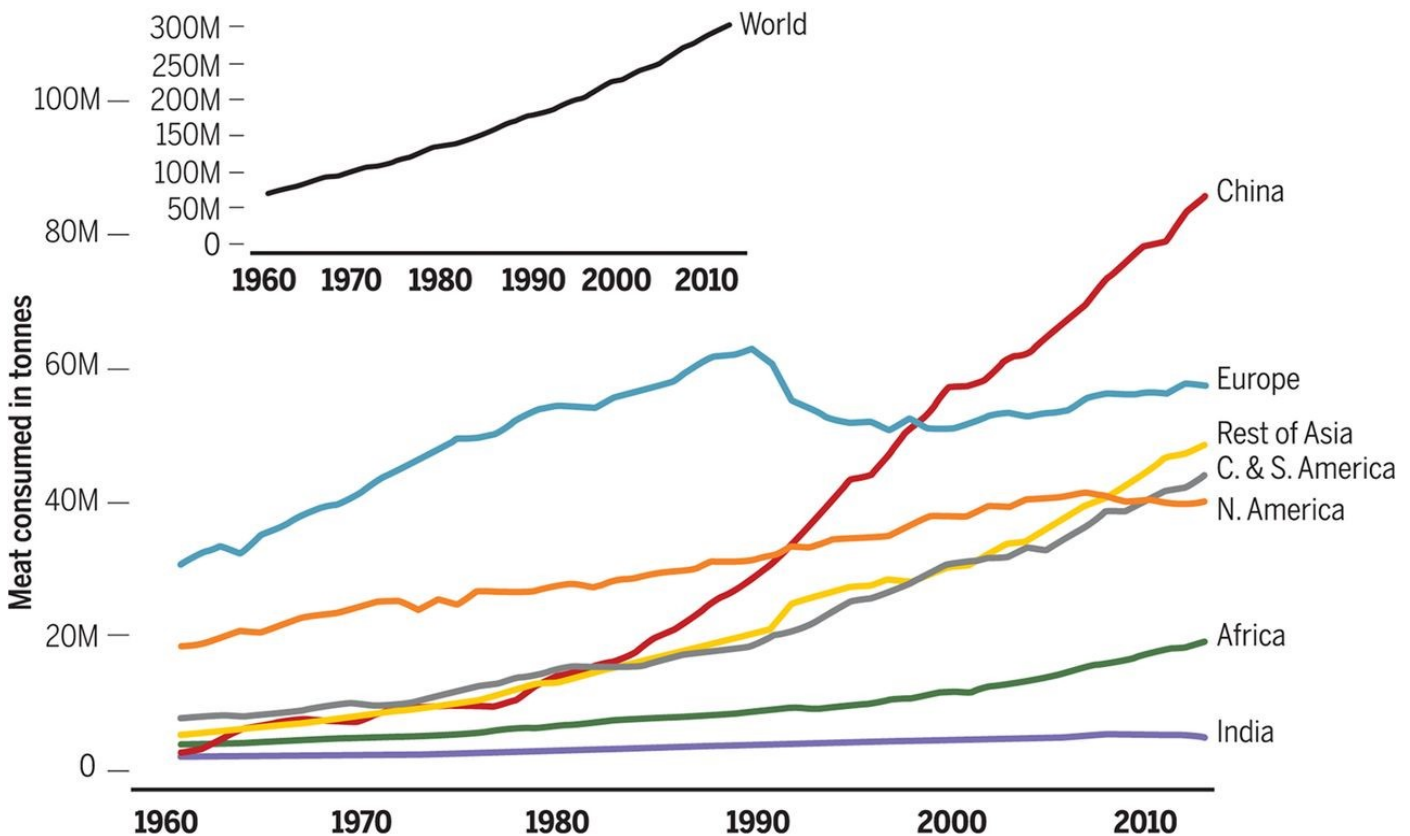


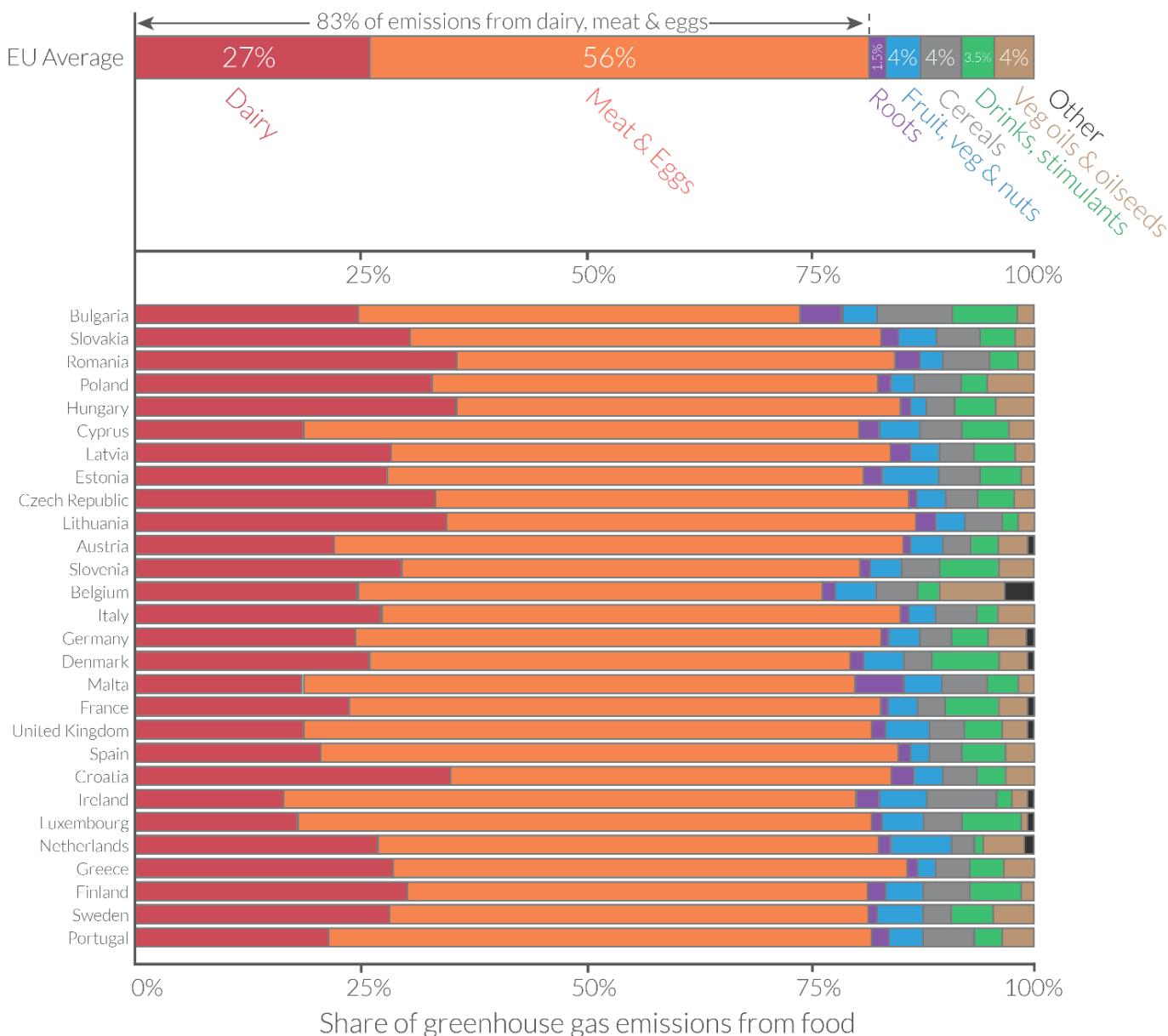
Figura 5. Consumo totale di carne (in milione di tonnellate) in regioni differenti e globalmente. (Godfrayet al., Science 361, 2018)

Se prendiamo come esempio la dieta Europea possiamo vedere come nello studio svolto da Vilma Sandström et al. (2018) le maggiori fonti di emissioni di CO₂ siano i prodotti latte-caseari e la carne.

Lo studio in Figura 6 confronta le emissioni di gas serra dalla dieta media tra i paesi dell'Unione Europea. Tra il confronto per i prodotti alimentari dominano i prodotti lattiero-caseari, la carne e le uova, rappresentando l'83% delle emissioni di gas a effetto serra derivanti dalla dieta media dell'UE. Solo il 17% deriva da alimenti a base vegetale.

La maggior parte delle variazioni tra i paesi deriva dalla quantità di carne e latticini che mangiano.

Carbon footprint of diets across the European Union: which foods are responsible for greenhouse gas emissions?



Data source: Sandström et al. (2018). The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets. [OurWorldinData.org](https://www.ourworldindata.org) - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Figura 6. Carbon footprint della dieta in diversi paesi dell'Unione Europea suddivisa in sette gruppi alimentari (latticini, carne e uova, radici, frutta verdura e frutta secca, cereali, bevande e integratori, oli vegetali e di semi, altro). (Ritchie and Roser, 2020)

Per stimare un andamento futuro delle emissioni di GHG possiamo fare riferimento a questo articolo di Science, nel grafico in Figura 7 possiamo vedere le previsioni future delle emissioni di gas effetto serra nel periodo 2005-2007 confrontate con le proiezioni per il 2050.

L'asse y è la percentuale delle emissioni totali di gas a effetto serra e si osserva che le emissioni di origine animale sono quelle che danno maggiore contributo e con l'importanza del loro impatto legata all'aumento della loro produzione.

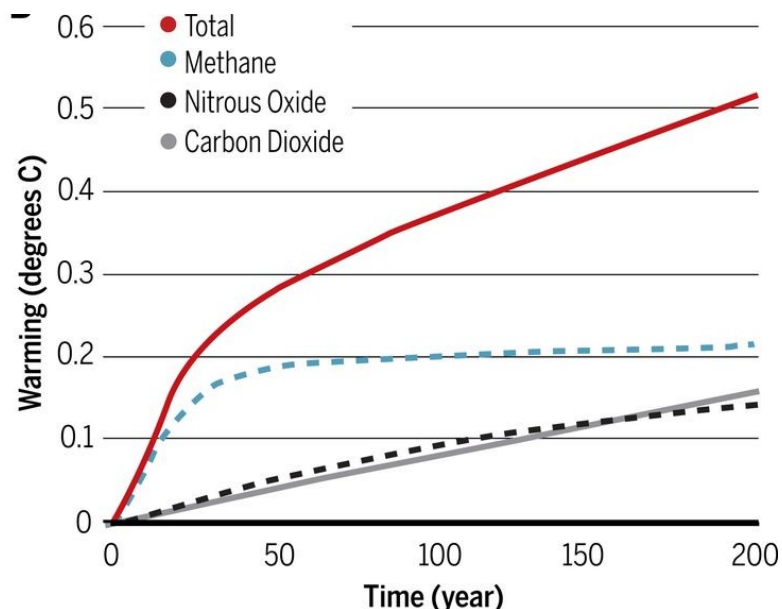
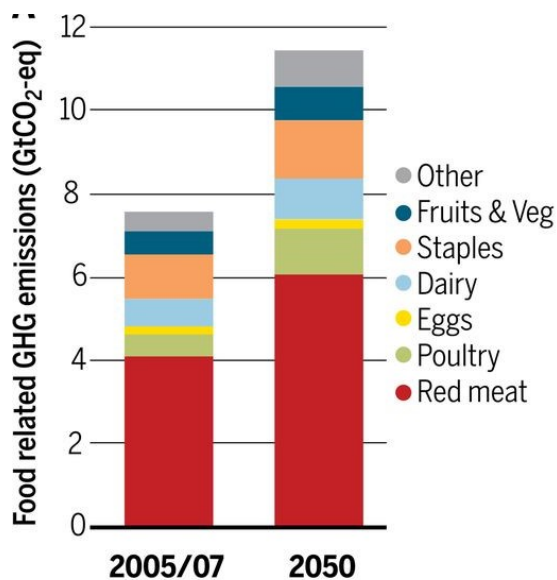


Figura 7. (Godfray et al., Science 361, 2018) Figura 8.(Godfray et al., Science 361, 2018)

Il grafico in Figura 8 mostra i tre principali gas a effetto serra prodotti hanno effetti molto diversi sul clima.

I dati mostrano l'effetto sul riscaldamento climatico di ciascun gas se le emissioni al tasso attuale prodotte dalle attività zootecniche sono state introdotte nell'anno 0 e successivamente mantenute fisse a tempo indeterminato. Il riscaldamento dovuto al metano è notevole e aumenta rapidamente ma, a causa del breve tempo di permanenza del gas nell'atmosfera, cessa di crescere dopo circa due decenni, considerando che il riscaldamento dovuto all'anidride carbonica continua a crescere nel corso dei due secoli e che anzi continuerà a crescere indefinitamente finché le emissioni continueranno.

Il riscaldamento dovuto all'ossido si stabilizza alla fine dei due secoli e cresce poco negli anni successivi. Sebbene il riscaldamento in risposta ad un tasso fisso di emissione di metano sia diminuito piuttosto rapidamente, un aumento del tasso di emissioni di metano, causato da un aumento della produzione animale, causerebbe comunque aumenti proporzionali del riscaldamento indotto dal metano. (Godfray et al., Science 361, 2018)

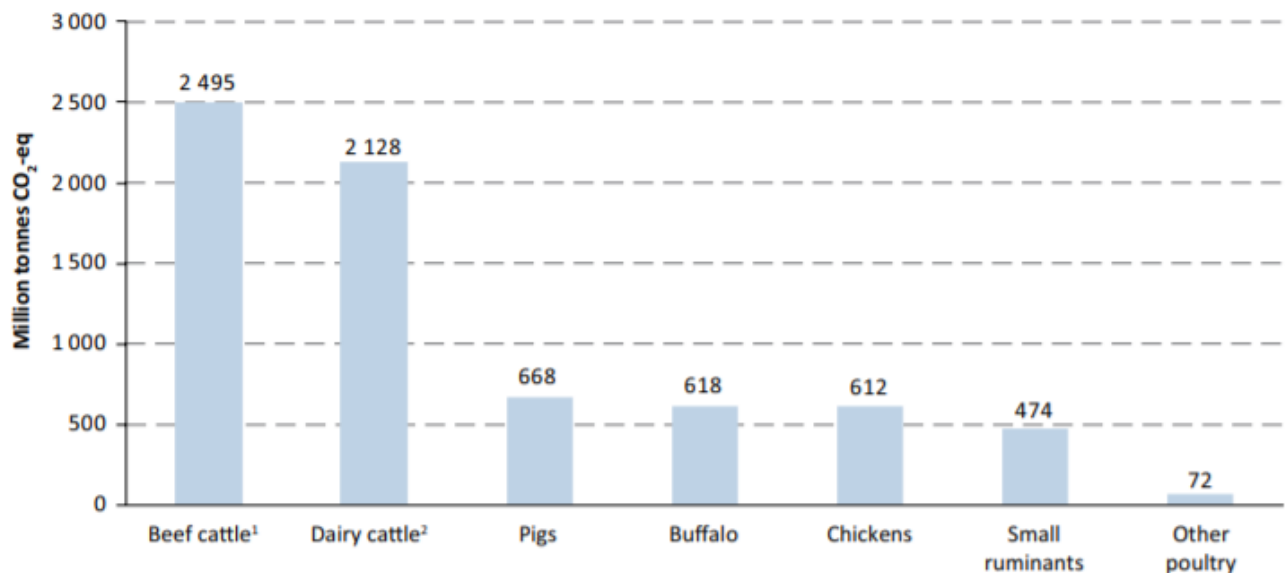
3) Impatto ambientale degli allevamenti

I processi che contribuiscono alle principali emissioni di gas a effetto serra durante la produzione di carne sono:

1. produzione di mangimi,
2. fermentazione enterica dalla digestione degli animali da parte degli animali (principalmente ruminanti)
3. trattamento degli effluenti di allevamento
4. uso di energia nelle stalle. (Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013.)

La produzione di mangimi provoca emissioni di gas a effetto serra dovute all'uso di energia nelle operazioni sul campo, nella trasformazione e nel trasporto dei mangimi, nella produzione di fertilizzanti minerali e nelle emissioni del suolo. L'applicazione di fertilizzanti azotati, residui di colture e letame animale aumenta le emissioni di N₂O derivanti dai processi di nitrificazione e denitrificazione. N₂O è un GHG circa 300 volte più potente della CO₂ in una prospettiva di 100 anni. Quando i mangimi sono coltivati su suoli ricchi di materia organica o quando le foreste sono disboscate per far posto ad es. alla coltivazione e al pascolo, grandi quantità di CO₂ vengono rilasciate dalla biomassa e dal suolo. Se il nuovo uso del suolo è associato a grandi immissioni o al rilascio di azoto, anche le emissioni di N₂O. La degradazione microbica delle materie prime per mangimi cellulosiche negli animali emette CH₄, un GHG 25 volte più potente della CO₂ in una prospettiva di 100 anni. Per i ruminanti le emissioni di CH₄ sono notevoli e di solito dominano il CF totale della carne bovina.

3.1) Allevamenti più impattanti



*Includes emissions attributed to edible products and to other goods and services, such as draught power and wool.

¹ Producing meat and non-edible outputs.

² Producing milk and meat as well as non-edible outputs.

Source: GLEAM.

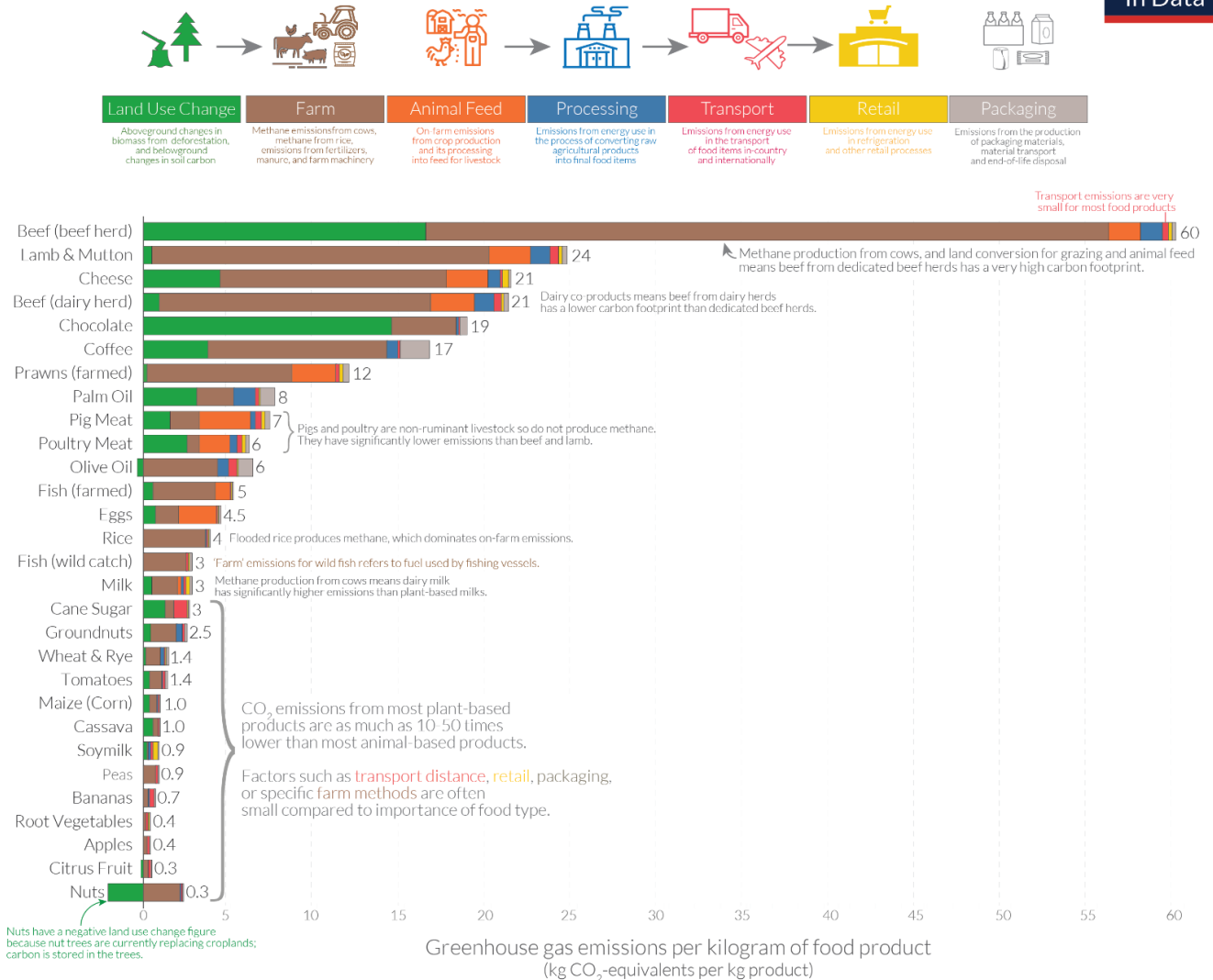
Figura 9. Emissioni Globali stimate per specie (Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013.).

Non tutte le tipologie di carne sono uguali, facendo riferimento alla Figura 10 possiamo chiaramente vedere che la carne di manzo risulta la tipologia di carne più impattante tra le varie tipologie, con notevoli emissioni di CO₂ derivanti dalla fase di allevamento e una necessità di territorio molto alta.

Per i suini e i polli, le emissioni di gas a effetto serra derivano principalmente dalla produzione di mangimi e dal trattamento del letame. Il consumo di energia nei ricoveri per animali di solito contribuisce in misura minore alle emissioni totali di gas a effetto serra derivanti dalla produzione di carne.

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Our World in Data



Note: Greenhouse gas emissions are given as global average values based on data across 38,700 commercially viable farms in 119 countries. Data source: Poore and Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. Images sourced from the Noun Project. OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Figura 10. Emissioni di GHG considerando tutto il percorso di vita di un prodotto. (Ritchie and Roser, 2020)

3.2) Emissioni di GHG

Un buon metodo per confrontare l'impatto ambientale di un alimento è quello di utilizzare il carbon footprint, esprimendo tutte le tipologie di emissioni di un certo prodotto in CO₂ equivalenti.

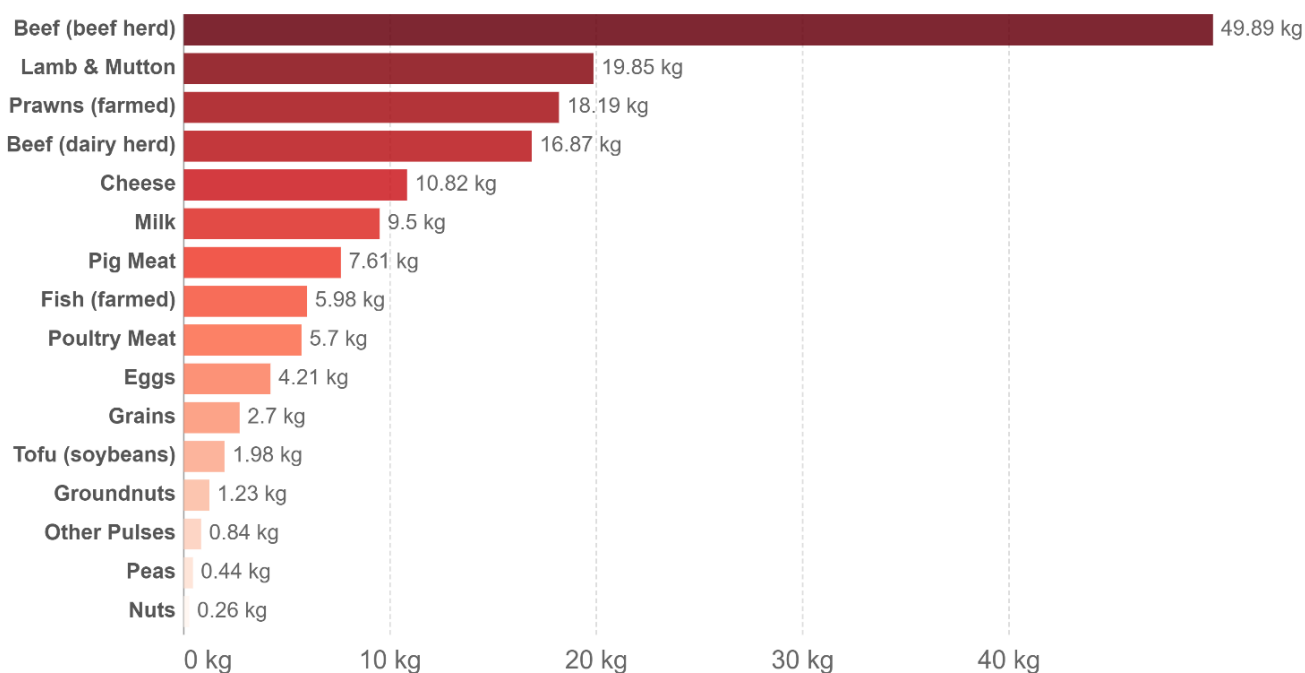
L'impronta di carbonio della carne può fungere da indicatore per l'utilizzo del suolo, acidificazione e potenziale di eutrofizzazione nella maggior parte dei casi. Per quanto riguarda la carne di ruminanti, tuttavia, vi sono evidenti conflitti con le categorie di impatto consumo energetico e tossicità. Per approfondire la comprensione dell'applicabilità del CF come indicatore dell'impatto ambientale totale della produzione di carne, è necessaria una misura più sofisticata dell'uso del suolo e devono essere inclusi gli impatti sulla biodiversità, consumo d'acqua, deforestazione per avere uno studio più completa della situazione. (E. Rööß et al. / Ecological Indicators 24 (2013) 573–581).

Come possiamo osservare dalla Figura 11 alimenti come manzo, agnello e latticini hanno emissioni di GHG molto elevate.

Greenhouse gas emissions per 100 grams of protein

Our World
in Data

Greenhouse gas emissions are measured in kilograms of carbon dioxide equivalents (kgCO₂eq) per 100 grams of protein. This means non-CO₂ greenhouse gases are included and weighted by their relative warming impact.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data.

Note: Data represents the global average greenhouse gas emissions of food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figura 11. Emissioni di GHG per 100 grammi di proteine ((Ritchie and Roser, 2020).

3.3) Acidificazione

La fonte principale di emissioni acidificanti durante la produzione animale sono le emissioni di ammoniaca, mentre le emissioni di SO₂ e NO_x derivanti dall'uso di combustibili fossili nella produzione e nel trasporto di mangimi sono minori contributo.

L'ammoniaca è liberata dal letame in stalle, pascoli e durante la manipolazione del letame. Un importante parametro che determina il potenziale di rilascio di ammoniaca è la quantità di azoto escreto nel letame. La produzione di carne bovina ha mostrato valori di acidificazione più elevati

rispetto alla produzione di carne di pollo e di maiale in 11 dei 14 sistemi di produzione a causa del più elevato FCR (Feed conversion ratio) dei bovini, che si traduce in più letame, e quindi in azoto dietro l'animale, potenzialmente portando a emissioni di ammoniaca. Le perdite di ammoniaca da letame dipendono da diversi fattori, tra cui la temperatura e il pH.

Il gas ammoniacale è altamente idrosolubile, per cui i sistemi di trattamento delle deiezioni liquide emettono meno ammoniaca rispetto al trattamento delle deiezioni solide. Tuttavia, lo stoccaggio di liquidi/liquami stimola la produzione di CH₄, a causa delle condizioni di anemia.

Nelle regioni temperate e calde l'evoluzione del CH₄ dallo stoccaggio di liquido/liquame può essere sostanziale, ma nei climi più freddi è molto minore. Pertanto, la gestione volta a ridurre le emissioni di ammoniaca può portare a un aumento del rilascio di gas a effetto serra. Tuttavia, mentre le emissioni di ammoniaca da effluente di allevamento sono la fonte principale di acidificazione, nei climi freddi le emissioni di gas a effetto serra da effluente di allevamento rappresentano solo il 10-20% del CF totale di carne per gli animali mono gastrici e ancor meno per i ruminanti.

Un minore aumento dei gas a effetto serra per un sistema di effluente che emette meno ammoniaca avrà solo un piccolo impatto sul CF totale.

Per quanto riguarda la strategia alimentare, Strid Eriksson et al. (2005) hanno rilevato che quando il tipo di mangime, al contrario della quantità di un particolare mangime, è stato ottimizzato per basse emissioni di gas a effetto serra, il potenziale di acidificazione è aumentato. Il mangime a basso tenore di CF (in questo caso i piselli) presentava una composizione proteica più sfavorevole rispetto alla farina di soia, con conseguente escrezione di più azoto e minor utilizzo di tessuti animali. (Röös et al. / Ecological Indicators 24 (2013) 573–581)

3.4) Eutrofizzazione

Nel sistema di produzione della carne l'eutrofizzazione - l'inquinamento dei corpi idrici e degli ecosistemi con nutrienti in eccesso - è un grave problema ambientale.

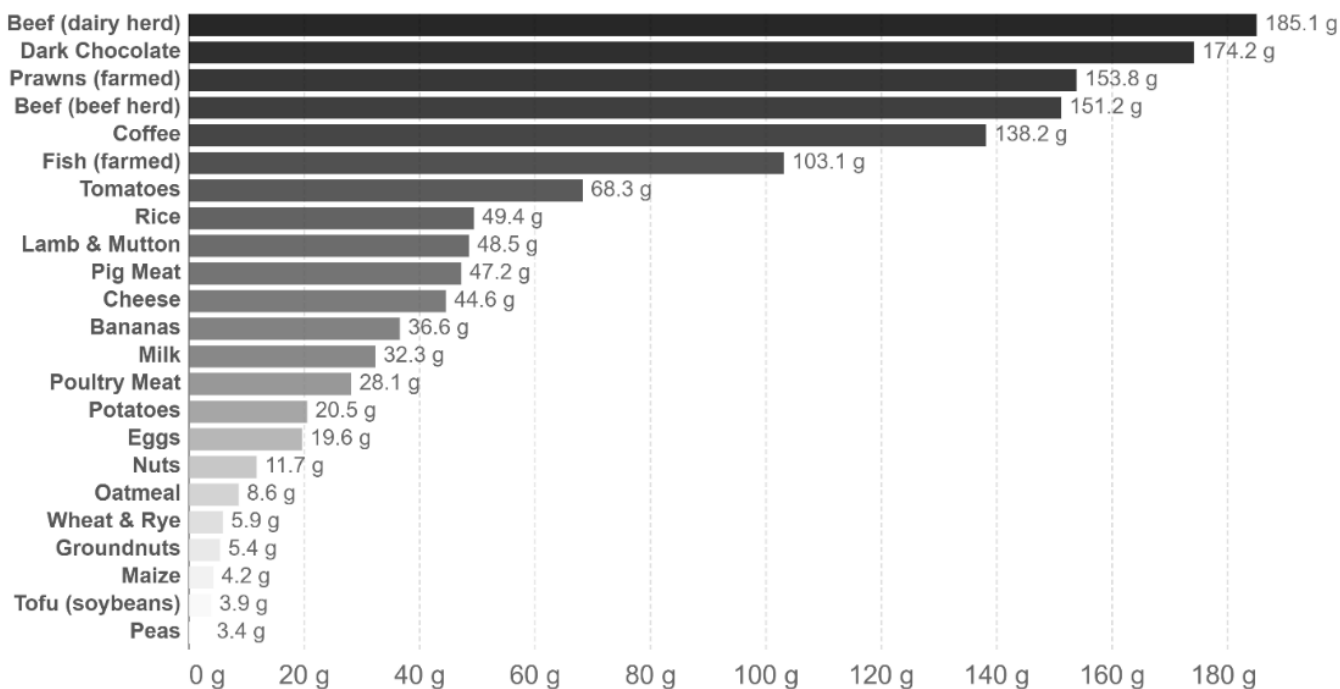
Il deflusso di azoto e di altri nutrienti durante i processi dei sistemi di produzione agricola è uno dei principali contributori.

Possiamo confrontare gli impatti di diverse tipologie di alimenti esaminando le emissioni di eutrofizzazione, rappresentano il deflusso di nutrienti in eccesso nell'ambiente circostante e nei corsi d'acqua, che influenzano e inquinano gli ecosistemi con squilibri nutrizionali (misurati in chilogrammi di fosfati equivalenti).

Nella Figura 12 è scelto di guardare a questi confronti in termini di unità nutrizionali: questo dà una misura di quanto basso o ad alto impatto diversi alimenti sono nella fornitura di proteine o energia/ calorie. Nelle visualizzazioni qui mostriamo le emissioni di eutrofizzazione degli alimenti, misurate in grammi di fosfati equivalenti per chilogrammo, 100 grammi di proteine e per 1000 chilocalorie.

Eutrophying emissions per 100 grams of protein

Eutrophying emissions represent runoff of excess nutrients into the surrounding environment and waterways, which affect and pollute ecosystems. They are measured in grams of phosphate equivalents (PO₄-eq).



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data.

Note: Data represents the global average eutrophying emissions from food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figura 12. Emissioni dovuti all'eutrofizzazione per 100 grammi di proteine. (Ritchie and Roser, 2020)

A causa della domanda di cibo per sostenere la popolazione mondiale in espansione è previsto un aumento dell'utilizzo di fertilizzanti.

Questo porterà probabilmente a un peggioramento dell'eutrofizzazione costiera e l'ipossia. Soluzioni efficaci ed efficienti dovrebbero essere impiegate per ridurre il fabbisogno di azoto e la produzione di azoto ambientale per ridurre al minimo l'eutrofizzazione. Se le persone consumassero meno carne rossa e latticini, l'uso di azoto per la produzione di alimenti diminuirà. Sorprendentemente, il passaggio dai prodotti lattiero-caseari ai prodotti cerealicoli porta ad una maggiore riduzione dell'eutrofizzazione rispetto al passaggio dalla carne rossa ai prodotti cerealicoli quando viene mantenuto lo stesso contenuto energetico.

Nel seguente grafico in Figura 13 possiamo vedere la riduzione del potenziale di eutrofizzazione dovuta al passaggio dei consumi da alimenti ad alto profilo di azoto ad alimenti a basso profilo di azoto. Gli stessi contenuti calorici sono mantenuti e il baseline è la produzione equivalente di azoto media derivante dal consumo annuo di cibo U.S. pro capite.

La legenda raffigura la classifica del consumo di cibo che passa da una riduzione equivalente a N bassa (ad esempio, la più bassa è la base USDA) a una riduzione equivalente a N alta (ad esempio, la più alta è il trasferimento dei prodotti lattiero-caseari ai prodotti a base di cereali).

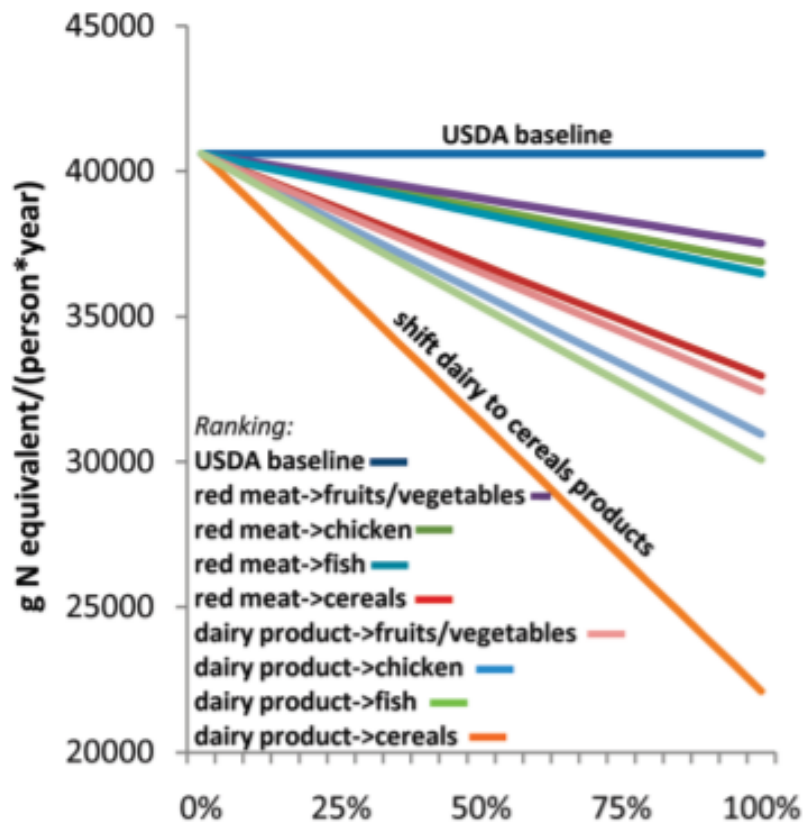


Figura 13. Andamento del potenziale di eutrofizzazione con il passaggio da alimenti ad alta eutrofizzazione ad alimenti a bassa eutrofizzazione (Environ. Sci. Technol. 2010, 44, 16, 6450–6456)

3.5) Deforestazione

La deforestazione può essere causata dall'industria dell'allevamento sia direttamente, cioè con la necessità di creare spazi per gli allevamenti utilizzando le foreste, sia in maniera indiretta, attraverso l'agricoltura. Infatti, circa il 60 per cento della scomparsa delle foreste umide tropicali è per insediamento agricolo con il disboscamento e altre ragioni come strade, urbanizzazione. Le foreste tropicali sono una delle ultime frontiere nella ricerca di terreni di sussistenza per le persone più vulnerabili del mondo. Milioni di persone vivono nella foresta tropicale con meno di un dollaro al giorno, dove si stima che un terzo di un miliardo siano coloni stranieri. Tuttavia, mentre la terra degrada le persone sono costrette a migrare, esplorando nuove frontiere forestali aumentando la deforestazione.

L'agricoltura in movimento chiamata anche "slash and burn agriculture" è l'uso di terreni boschivi per l'allevamento o la coltivazione delle colture fino a quando il suolo è esaurito di nutrienti e/ o il sito è superato da erbacce e poi passare a cancellare più foresta.

Questa particolare tipologia di tecnica per l'agricoltura è stata spesso segnalata come l'agente principale della deforestazione. La produzione di piccoli agricoltori in deforestazione e il numero crescente di tali produttori, in particolare i coltivatori della "slash and burn agriculture", sono stati la causa principale della deforestazione.

La maggior parte dei rapporti indica che l'agricoltura in movimento è responsabile di circa la metà della deforestazione tropicale e alcuni la pongono a due terzi. L'agricoltura in movimento era la più grande in Asia (circa il 30%) ma solo circa il 15% su tutto il mondo tropicale. Sembra che la

percentuale di conversione diretta delle foreste in terreni destinati all'agricoltura sia in aumento e che la percentuale di trasferimento dell'agricoltura stia diminuendo con il tempo. Dalla Tabella 1 possiamo renderci conto di quanto è la perdita netta di foresta i diversi stati all'anno. (Shakla, Dey, Suresh, 2021.)

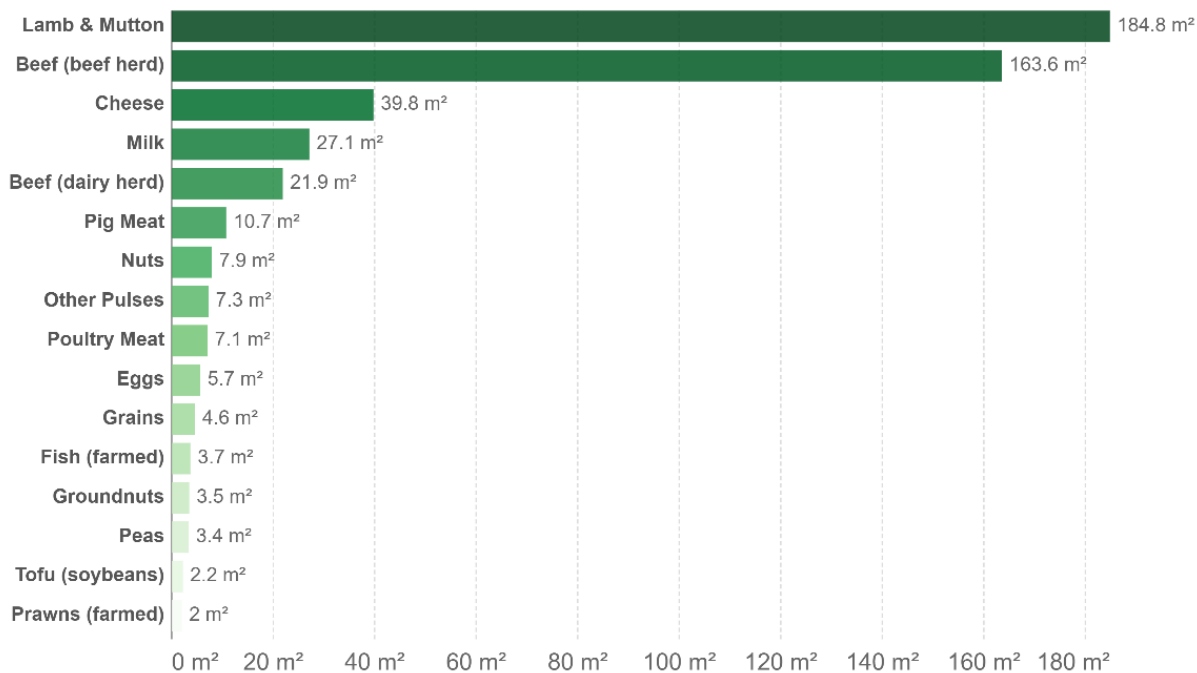
Tabella 1. Stati con la maggiore perdita netta annua di area forestale. (Shakla, Dey, Suresh, 2021.)

Country	Annual change 1990-2000		Country	Annual change 1990-2000	
	1 000 ha/year	%		1 000 ha/year	%
Brazil	-2890	-0.51	Brazil	-2642	-0.49
Indonesia	-1914	-1.75	Australia	-562	-0.37
Sudan	-589	-0.80	Indonesia	-498	-0.51
Myanmar	-435	-1.17	Nigeria	-410	-3.67
Nigeria	-410	-2.68	Tanzania	-403	-1.13
Tanzania	-403	-1.02	Zimbabwe	-327	-1.88
Mexico	-354	-0.52	the Congo	-311	-0.20
Zimbabwe	-327	-1.58	Myanmar	-310	-0.93
Congo	-311	-0.20	Bolivia	-290	-0.49
Argentina	-293	-0.88	Venezuela	-288	-0.60
Total	-7926	-0.71	Total	-6040	-0.53

Facendo sempre riferimento allo studio di Hannah Ritchie and Max Roser, 2020 possiamo osservare la quantità di terreno necessaria per diverse tipologie di alimenti. Da questa analisi si evidenzia (Figura 14) un maggiore utilizzo di terreno per prodotti come agnello, manzo e latticini come formaggio e latte.

Land use per 100 grams of protein

Land use is measured in meters squared (m²) per 100 grams of protein across various food products.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data. OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figura 14. Utilizzo di terreno per 100 grammi di proteine. (Ritchie and Roser, 2020)

La maggior parte dei grafici che confrontano l'impronta del suolo di diversi prodotti alimentari guardare il valore medio per ciascuno di essi. Questo è un confronto utile, ma potrebbe mascherare grandi differenze nelle impronte di terra a seconda di dove e come vengono prodotte. Diamo un'occhiata alla gamma completa di impronte di terra per gli alimenti ricchi di proteine.

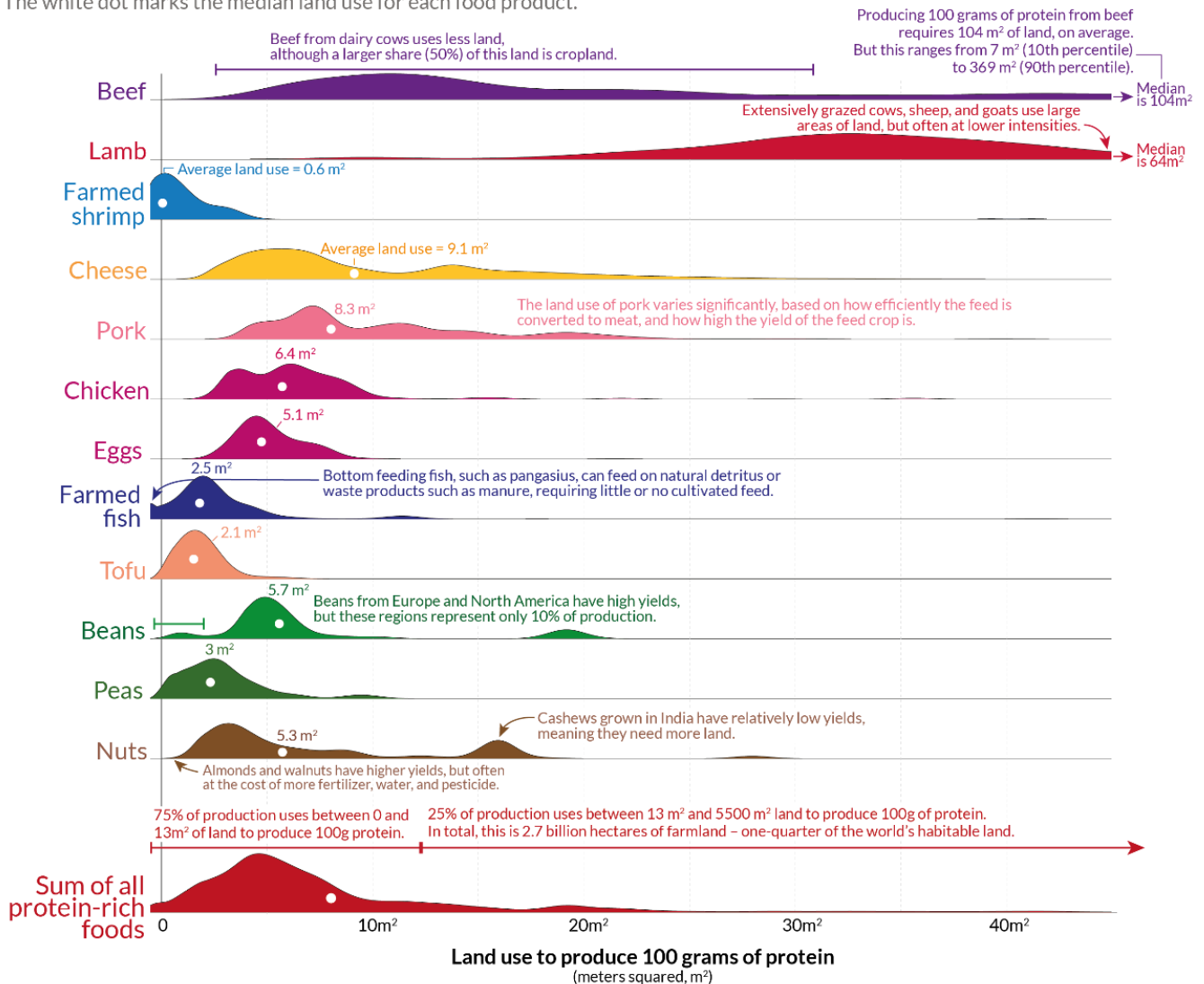
How much land do different food products use?

Our World in Data

Land use from protein-rich foods are shown per 100 grams of protein across a global sample of 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

The height of the curve represents the amount of production globally with that specific footprint.

The white dot marks the median land use for each food product.



Data source: Poore & Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*.

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Joseph Poore & Hannah Ritchie.

Figura 14. Utilizzo di terreno per diverse tipologie di alimenti. (Hannah Ritchie and Max Roser, 2020)

I dati in Figura 14 provengono dalla più grande metanalisi dei sistemi alimentari globali fino ad oggi, pubblicata su *Science* di Joseph Poore e Thomas Nemecek (2018). In questo studio, gli autori hanno esaminato i dati in oltre 38.000 aziende agricole in 119 paesi.

L'utilizzo del terreno qui è misurato in metri quadrati (m²) di agricoltura, includendo pascoli e terreni per le colture o l'alimentazione animale, per 100 grammi di proteine.

La visualizzazione mostra l'impronta mediana - evidenziata da un piccolo cerchio bianco per ogni prodotto alimentare, ma poiché ci sono grandi differenze tra i produttori, questo grafico mostra

anche l'intero spettro di utilizzo del suolo - dai produttori più bassi ai più alti. L'altezza in ogni punto della curva rappresenta la quantità di produzione globale con quella specifica impronta e l'impronta media per la carne bovina è di 104 m² per 100 grammi di proteine. Ma la gamma tra i produttori è enorme: si estende da 7 m² a 369 m².

L'uso dei terreni per gli alimenti dipende in gran parte dall'intensità dell'agricoltura. Questo è certamente vero per le colture: rese più elevate significano che hanno bisogno di meno terra. Ma anche per il bestiame: gli animali alimentati con colture con rese molto elevate avranno bisogno di meno terra.

La continua crescita della popolazione e la crescente domanda di proteine porteranno sicuramente a un aumento della produzione nell'industria della carne e di conseguenza a un maggiore utilizzo di terreni.

Facendo riferimento alla Figura 16 e allo studio condotto da Machovina et al., 2015 possiamo osservare le previsioni future sulle superfici necessarie per produrre carne.

Nel grafico della Figura 16 osserviamo un'estrapolazione (A) di dati recenti (1985-2012) sulla produzione di carne bovina, pollo e la carne suina fino al 2050 moltiplicati per (B) la superficie media necessaria per produrre biomassa animale arrivando a (c) una stima della superficie di ciascun paese necessaria per produrre bestiame nel 2050 come aumento percentuale rispetto alla superficie agricola totale attuale (2012) (FAO, 2014).

Questa analisi si rivolge solo manzo, pollo e maiale. Lo fa non comprendono uova, altre fonti di carne o prodotti lattiero-caseari, che aumenterebbero le proiezioni di superficie.

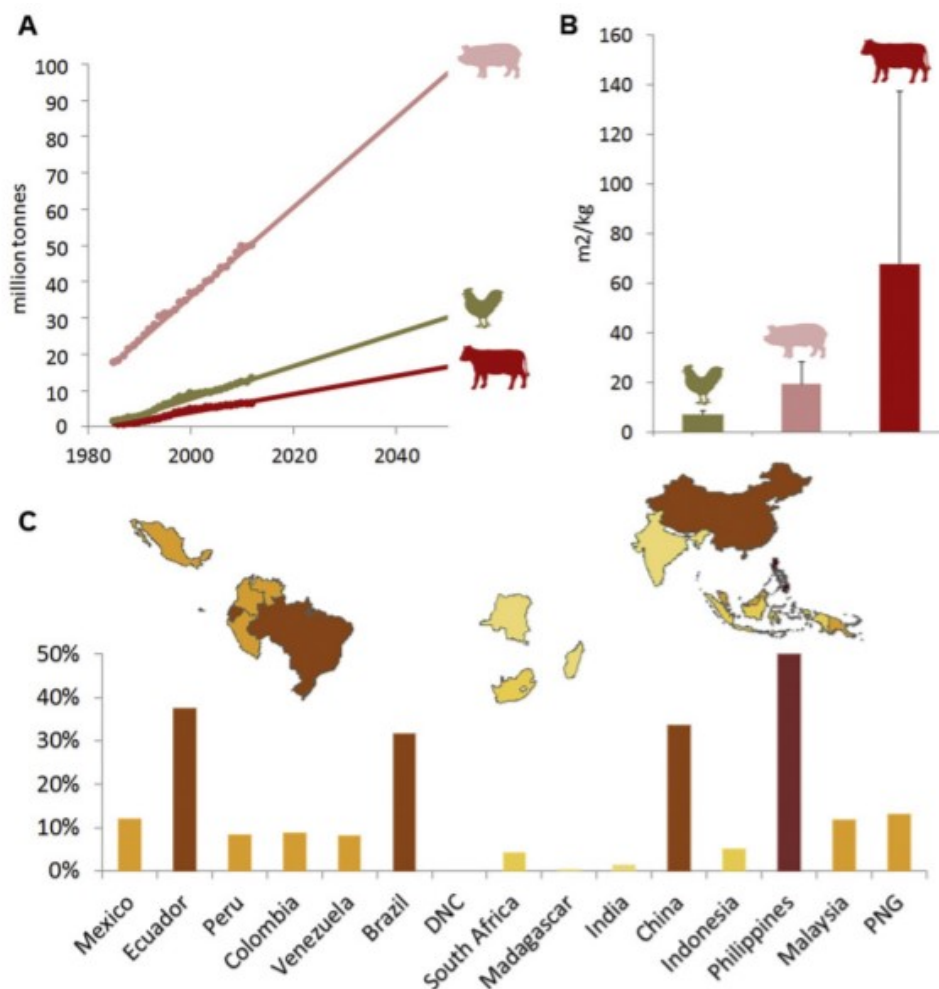


Figura 16. Aumento previsto della superficie necessaria per produrre carne nei paesi in via di sviluppo entro il 2050. (Machovina et al., 2015)

3.6) Biodiversità

Negli ultimi 30 anni, il cambiamento climatico ha prodotto numerosi cambiamenti nella distribuzione e nell'abbondanza delle specie, e si prevede che i suoi effetti aumenteranno drasticamente in futuro (Walther et al., 2002), portando a potenziali declino o estinzione di molte specie (Carpenter et al., 2008; Keith et al., 2008; Pimm et al., 2014).

Una valutazione dei rischi di estinzione per le regioni campione che coprono il 20% della superficie terrestre della Terra ha indicato che il 15-37% delle specie sarà impegnato nell'estinzione entro il 2050 in scenari di riscaldamento climatico di fascia media (Thomas et al., 2004). Gli effetti sugli ecosistemi marini includono già una diminuzione della produttività degli oceani, una dinamica alterata delle ragnatele alimentari, una ridotta abbondanza di specie che formano habitat, uno spostamento della distribuzione delle specie e una maggiore incidenza di malattie (Hoegh-Guldberg e Bruno, 2010). I cambiamenti climatici possono anche causare cambiamenti nelle rese delle colture (Rosenzweig et al., 2014) che potrebbero indurre pressioni per spostare le zone agricole, esacerbando gli effetti negativi sulle aree non sviluppate o protette, con effetti particolarmente pronunciati all'interno dei paesi in via di sviluppo. B. (Machovina et al., 2015)

3.7) Consumo d'acqua

L'acqua ora più che mai è una risorsa fondamentale che va custodita e risparmiata. L'industria della carne come possiamo vedere dalla Figura 17 utilizza una buona fetta della quantità di acqua annua utilizzata.

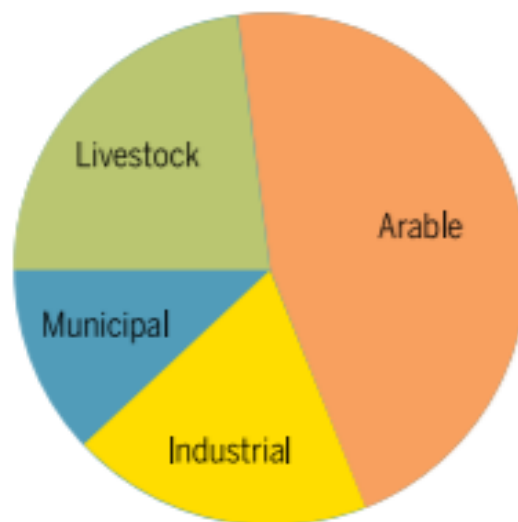


Figura 17. La percentuale di prelievi globali di acqua dolce (sul totale di 4001 km³/ anno) utilizzato in agricoltura per i seminativi (direttamente) e il bestiame (di cui la maggior parte viene utilizzata per coltivare per nutrire gli animali), l'industria e l'energia, e nei settori comunale e domestico. (Godfray et al., 2018)

Le previsioni dei prossimi anni prevedono un aumento della popolazione che porterà a un aumento della domanda di prodotti animali e un aumento della quantità d'acqua utilizzata. Nella Figura 18 possiamo osservare le previsioni future per il 2025 che ci indicano un aumento delle zone di siccità in molte parti del mondo.

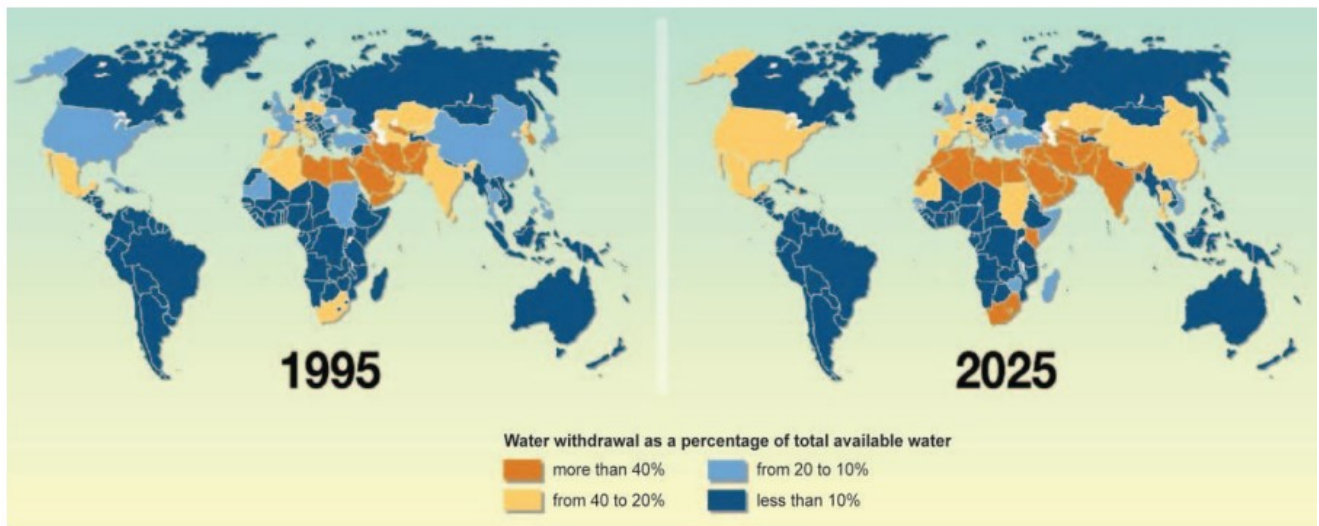


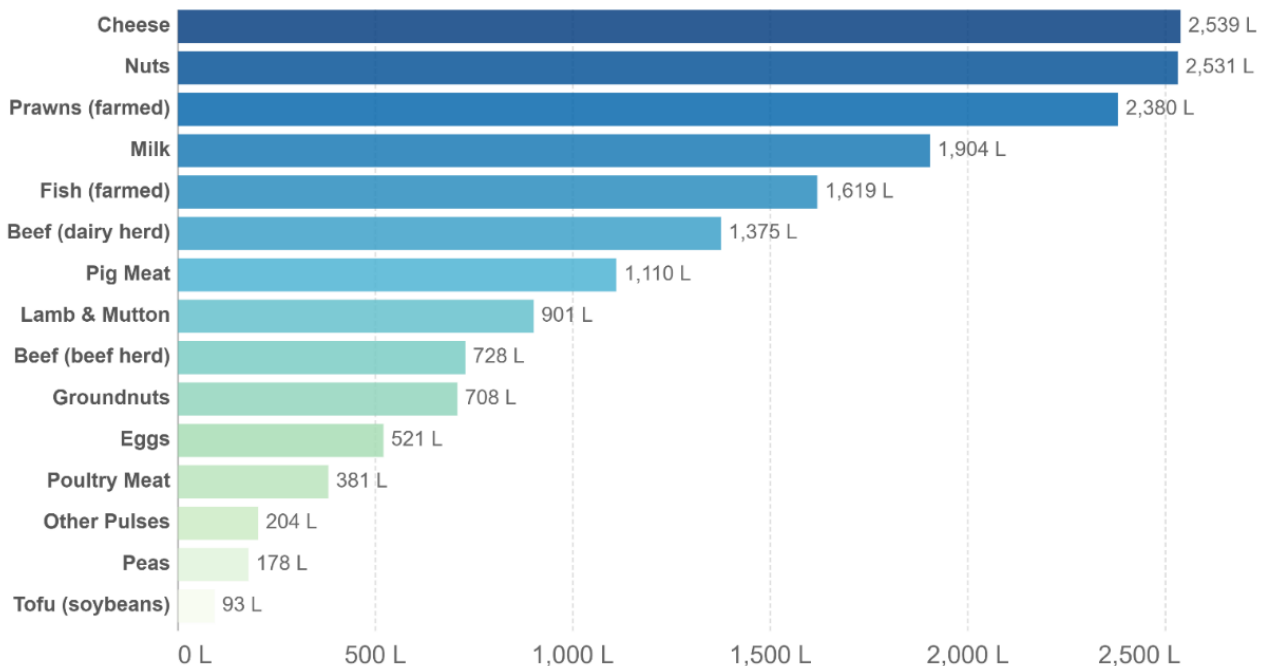
Figura 18. Prelievo di acqua osservato e previsto in percentuale degli stock idrici rinnovabili rispettivamente nel 1995 e nel 2025 Programma. (Doreau, Corson, and Wiedemann, 2012).

L'impronta idrica dei prodotti alimentari fornisce quindi un importante e utile indicatore del loro impatto ambientale (Figura 19).

Freshwater withdrawals per 100 grams of protein

Freshwater withdrawals are measured in liters per 100 grams of protein.

Our World in Data



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data.

Note: Data represents the global average freshwater withdrawals of food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figura 19. Utilizzo di acqua per 100 grammi di proteine. (Ritchie and Roser, 2020)

Ma la scarsità di acqua dolce varia in tutto il mondo: alcune regioni hanno abbondanti risorse idriche (il che significa che la domanda di acqua agricola ha poco impatto), mentre altre sperimentano gravi stress idrici.

Possiamo quindi considerare l'impronta idrica in termini di utilizzo di acqua dolce ponderato per la scarsità. L'uso di acqua ponderato per la scarsità rappresenta l'uso di acqua dolce ponderato dalla scarsità di acqua locale. Possiamo perciò guardare a questi confronti in base alla massa: l'acqua di scarsità-ponderata richiesta per produrre un chilogrammo di prodotto alimentare.

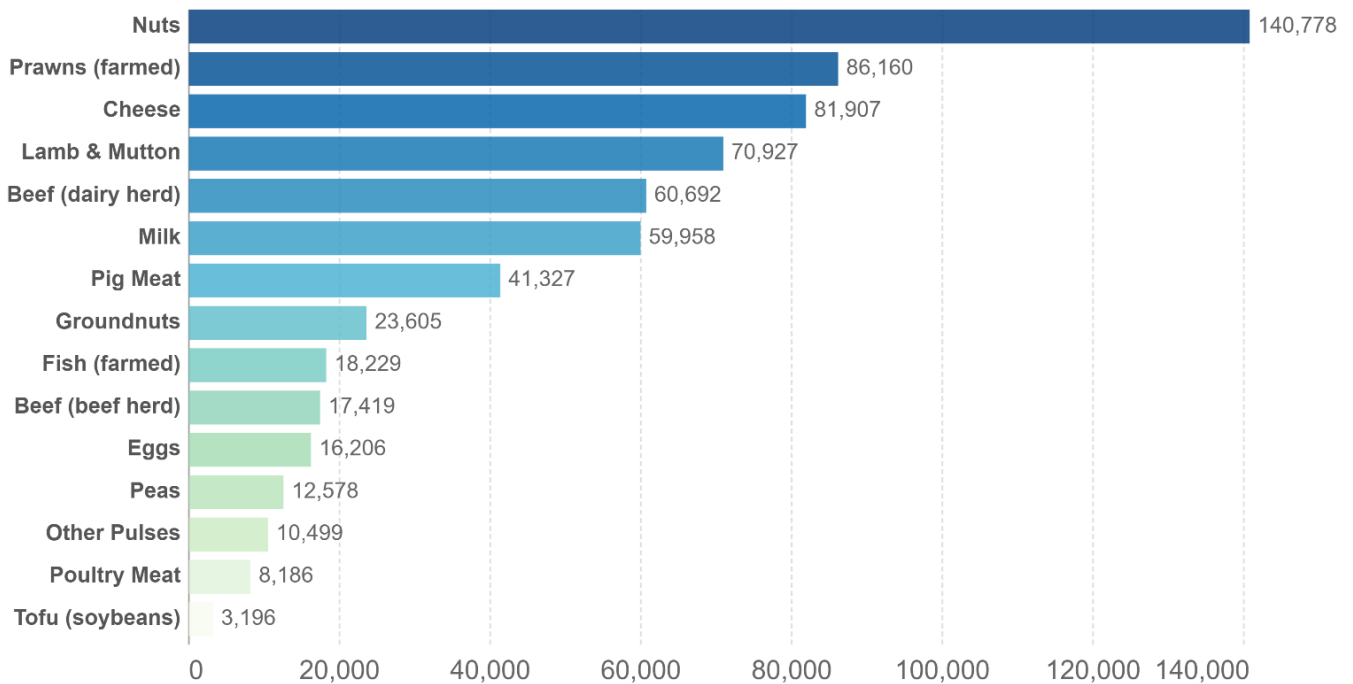
Ma è anche importante guardare a questi confronti in termini di unità nutrizionali: questo dà una misura di quanto basso o ad alto impatto diversi alimenti sono nella fornitura di proteine o energia/ calorie.

Nelle visualizzazioni qui mostriamo l'impronta idrica degli alimenti, misurata in litri (L) per chilogrammo, 100 grammi di proteine e per 1000 chilocalorie.

Scarcity-weighted water use per 100 grams of protein

Our World
in Data

Average scarcity-weighted water use represents freshwater use weighted by local water scarcity. This is measured in liters per 100 grams of protein.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data.

Note: Data represents the global average scarcity-weighted water use of food products based on a large meta-analysis of food production covering 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figura 20. Utilizzo di acqua ponderata con la scarsità per 100 grammi di proteine. (Ritchie and Roser, 2020)

Dalle Figure 19 e 20 possiamo chiaramente vedere un maggior bisogno di acqua nei prodotti come manzo, formaggio e frutta secca.

3.8) Inefficienza

La produzione di carne rispetto ad altri prodotti alimentari è molto inefficace. La produzione di 1 kg di carne commestibile con metodi tipici industriali richiede 20 kg di mangime per la carne bovina, 7,3 kg di mangime per la carne suina e 4,5 kg di mangime per il pollo.

La produzione di appena 1 kg di carne bovina, come media globale, consuma quasi 15500 litri d'acqua, l'equivalente di 90 vasche da bagno piene. Questa è quasi 12 volte la quantità necessaria per produrre 1 kg di grano. Lo stesso 1 kg di carne bovina richiede 15 volte più terra della produzione di 1 kg di cereali e 70 volte più terra della produzione di 1 kg di ortaggi. La produzione di 1 kg di carne di maiale utilizza più di 6 volte più terra di 1 kg di cereali e 30 volte più terra di 1 kg di verdure. (John D. Grant, 2017)

4) Confronto tra una dieta plant-based e meat based-diet

Per concludere l'analisi si confrontano una dieta plant-based e una dieta meat-based. Questo studio di Alexi Ernstoff, Qingshi Tu, Mireille Faist, Andrea Del Duce, Sarah Mandlebaum, Jon Dettling, (2019) confronta l'impatto ambientale dei pasti senza carne e contenenti carne negli Stati Uniti in base ai dati di consumo al fine di identificare opportunità commerciali per ridurre l'impatto ambientale dei pasti. Il consumo medio dei tipi di pasto (colazione Figura 21, pranzo, cena) è stato valutato utilizzando la valutazione del ciclo di vita.

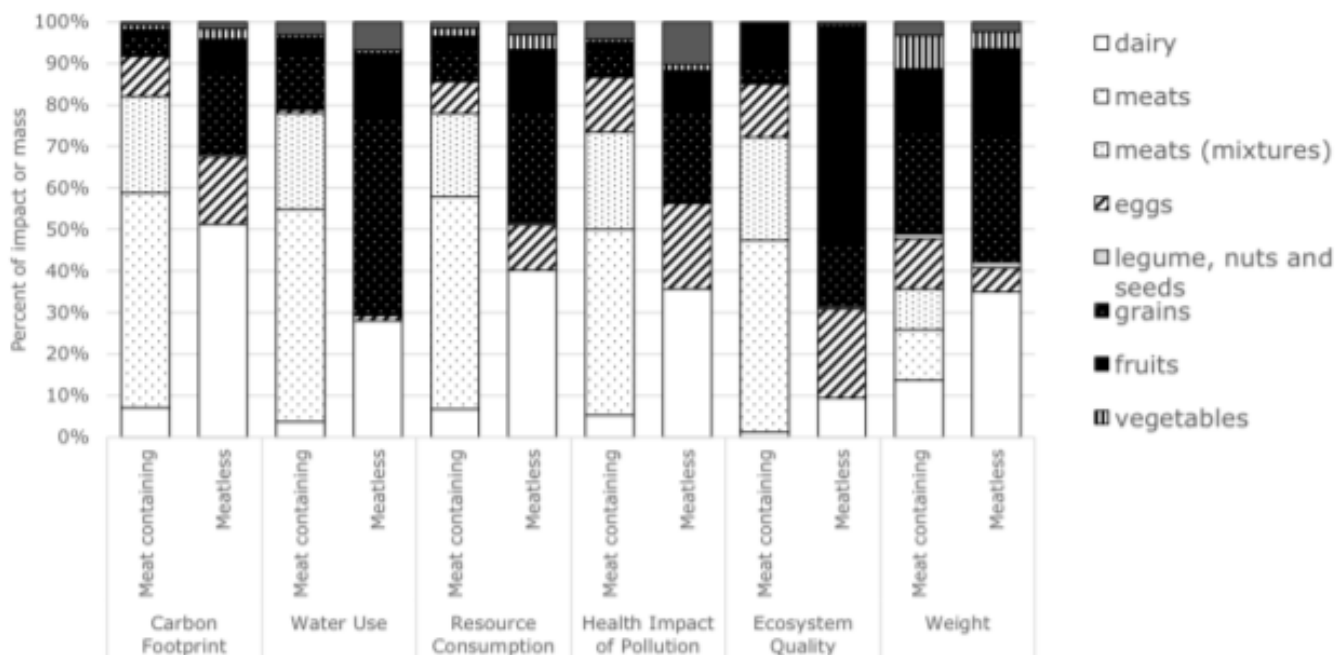


Figura 21. Contributo delle categorie alimentari agli impatti ambientali della prima colazione (latte e frutta includono succhi di frutta). Il contributo relativo al peso del cibo consumato è dimostrato nelle colonne più a destra. (Ernstoff, Tu, Faist, Del Duce, Mandlebaum, Dettling, 2019).

Secondo quanto viene fuori da questa analisi i pasti senza carne hanno sempre avuto una riduzione di oltre il 40% degli impatti ambientali per uno qualsiasi degli indicatori (impronta di carbonio, uso dell'acqua, consumo di risorse, impatto dell'inquinamento sulla salute e qualità dell'ecosistema); i maggiori vantaggi sono stati osservati per le occasioni di cena a causa del maggior consumo di carne rispetto ad altri pasti.

I prodotti animali in generale sono stati i principali fattori di impatto tra gli indicatori, nonché per i pasti senza carne, ma variavano in tutte le occasioni di pasto.

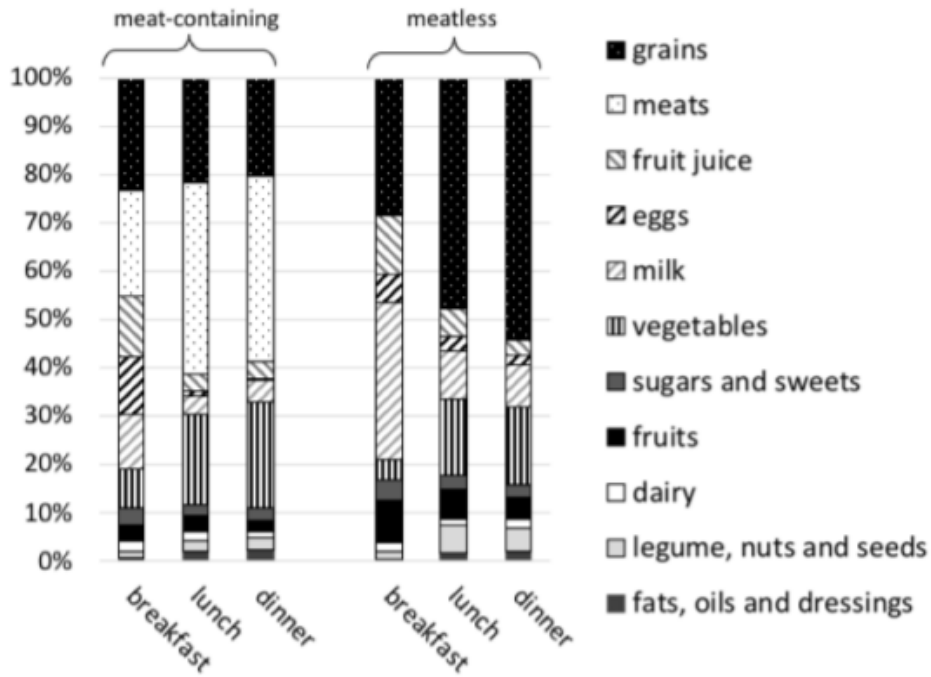


Figura 22. Composizione dei pasti contenenti carne e senza carne per gruppi di alimenti. (Ernststoff, Tu , Faist , Del Duce, Mandlebaum, Dettling, 2019).

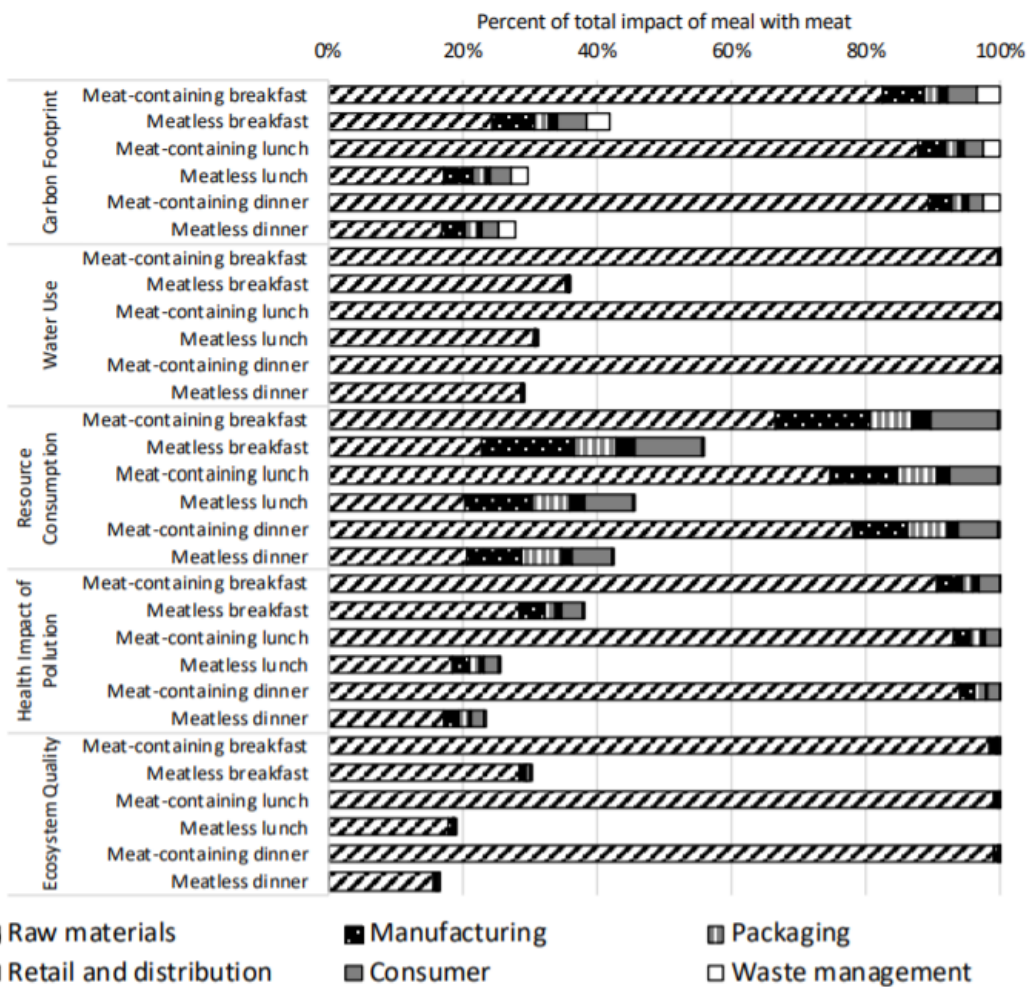


Figura 23. Confronto degli impatti e dei contributi relativi delle fasi del ciclo di vita per i pasti senza carne e pasti a base di carne per tutti gli indicatori di impatto ambientale e le occasioni di pasto. (Ernststoff, Tu , Faist , Del Duce, Mandlebaum, Dettling, 2019).

Concentrarsi sui sostituti della carne a basso impatto per le cene, e i sostituti del latte e dello yogurt per le colazioni, sono esempi di cambiamenti che si possono apportare ai nostri pasti per l'impatto ambientale. Nel seguente grafico invece possiamo vedere il confronto di impatto ambientale tra un burger di manzo e diversi sostituti: mPt – milli punti (1 kpt è pari all'impatto annuale di una persona dell'UE); B1 - polpetta di manzo; B2 - polpetta di piselli (Beyond Meat); B3 - polpetta di insetti (Bugfoundation); B4 - polpetta di micoproteina (Quorn); B5 - soia (Rügenwalder Mühle). Si può chiaramente vedere il maggior impatto ambientale del burger di manzo su tutti gli aspetti ambientali in Figura 24.

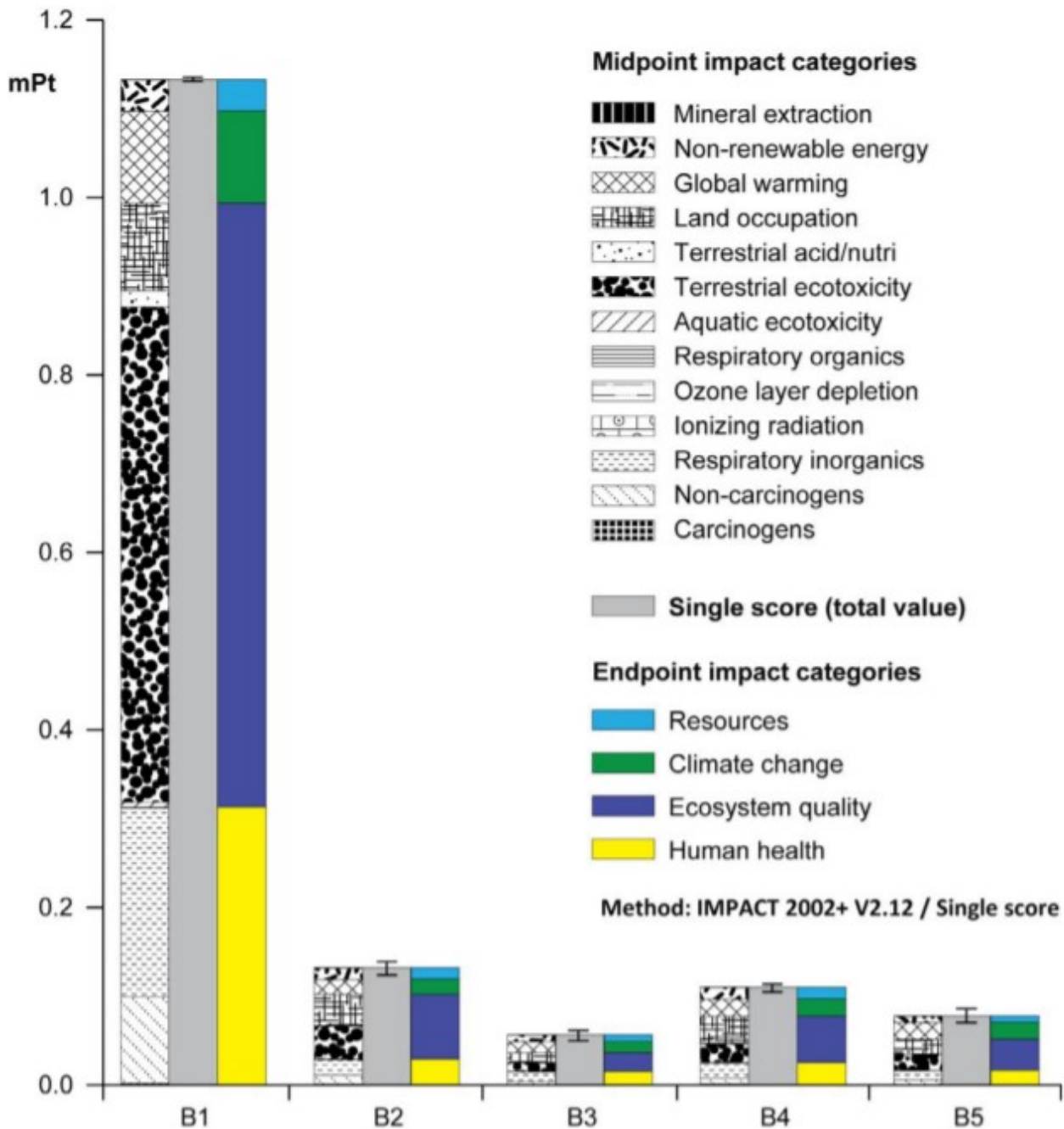


Figura 24. Impatti ambientali di diverse tipologie di burger (Smetana, Profeta, Voigt et al. Future Foods 4, 2021)

5) La dieta plant-based dal punto di vista della salute

Cambiare il proprio stile di alimentazione sembra quindi la scelta giusta. Ma oltre a essere sostenibile per il pianeta lo è anche per la nostra salute?

Per cominciare le tipologie di approcci verso una dieta meno meat-based sono diversi, in seguito (Figura 25), possiamo vedere diverse tipologie di alimentazioni

The Many Variations of a Plant-Based Diet



Vegetarian: Also known as ovo-lactovegetarian, this diet includes all plant-based foods, as well as allowing eggs and dairy.

Vegan: This is a diet that consists of plant-based foods only and excludes meat, dairy, eggs, and often honey. Many who follow this lifestyle do so for ethical or environmental reasons, and other lifestyle modifications are typically included in addition to the dietary changes.

Pescatarian: This is a largely vegetarian diet that also includes seafood.

Whole-foods, plant-based (WFPB): Extremely similar to a vegan diet, this diet eschews the ethical baggage and focuses on the health aspect. High in fruit, vegetables and whole grains while typically low in fat.

Flexitarian: This is a broad term used by those who primarily follow a vegetarian or plant-based diet, but allow for some meat, dairy, and seafood on occasion.

Figura 25. Tipologie di alimentazione plant-based. (Clem, Barthel, 2021)

L'Accademia di Nutrizione e Dietetica dichiara che diete vegetariane e vegane adeguatamente pianificate siano salutari, nutrizionalmente adeguate e che possono fornire benefici per la salute per la prevenzione e il trattamento di alcune malattie.

Queste diete sono appropriate per tutte le fasi del ciclo di vita, compresa la gravidanza, l'allattamento, l'infanzia, l'adolescenza, l'età adulta e per gli atleti. Le diete a base vegetale oltre quindi ad essere più sostenibili dal punto di vista ambientale rispetto alle diete ricche di prodotti di origine animale perché utilizzano meno risorse naturali e sono associate a danni ambientali molto minori, sono anche sostenibili dal punto di vista della nostra salute. I vegetariani e i vegani sono a rischio ridotto di alcune condizioni di salute, tra cui la cardiopatia ischemica, il diabete di tipo 2, l'ipertensione, alcuni tipi di cancro e l'obesità. Basso apporto di grassi saturi e alti livelli di assunzione di verdure, frutta, cereali integrali, legumi, prodotti a base di soia, noci e semi (tutti ricchi di fibre e sostanze fitochimiche) sono caratteristiche delle diete vegetariane e vegane che producono meno totale e basso livelli di colesterolo di lipoproteina di densità e migliore controllo del glucosio del siero. (Melina, Craig, Levin, 2016)

Questi fattori contribuiscono alla riduzione della malattia cronica. Analizziamo ora alcuni fondamentali nutrienti che sono spesso al centro del dibattito sulla questione diete vegetariane/vegane: proteine, ferro e vitamina B12

5.1 Proteine

Le diete vegetariane, comprese quelle vegane, in genere soddisfano o superano le assunzioni proteiche raccomandate, quando le assunzioni caloriche sono adeguate. I termini completi e incompleti sono fuorvianti in relazione alle proteine vegetali poiché proteine assunte da una varietà di alimenti vegetali, consumati nel corso di una giornata, fornisce abbastanza di tutti gli aminoacidi indispensabili (essenziali).

L'uso regolare di legumi e prodotti a base di soia garantirà un adeguato apporto proteico a queste tipologie di diete, oltre a fornire altri nutrienti essenziali. (Melina, Craig, Levin, 2016)

5.2 Ferro

I vegetariani generalmente consuma tanto ferro quanto gli onnivori, a volte anche di più. Nonostante abbiano assunzioni di ferro simili, le riserve di ferro dei vegetariani sono tipicamente al di sotto di quelle dei non vegetariani. I livelli più bassi della ferritina nel siero possono essere un vantaggio perché i livelli elevati della ferritina sono stati associati indipendentemente con il rischio di sviluppare la sindrome metabolica. Le preoccupazioni circa lo stato del ferro dei vegetariani hanno portato a domande sulla biodisponibilità del ferro non eme dagli alimenti vegetali.

L'assorbimento del ferro non eme dipende dal bisogno fisiologico ed è regolato in parte dalle riserve di ferro. Il suo assorbimento può variare notevolmente, a seconda sia della composizione del pasto che dello stato di ferro dell'individuo. La biodisponibilità del ferro non eme è influenzata dal rapporto tra inibitori, come fitati e polifenoli, e potenziatori, come la vitamina C, l'acido citrico e altri acidi organici.

In una recente recensione, l'assorbimento del ferro non eme è stato visto variare dall'1% al 23%, a seconda dello stato del ferro e degli esaltatori e inibitori dietetici. Un'equazione di regressione di nuova concezione consente di prevedere l'assorbimento del ferro dai livelli sierici di ferritina e dai modificatori alimentari.

La dieta ha avuto un effetto maggiore sull'assorbimento del ferro quando i livelli sierici di ferritina erano bassi. L'assorbimento del ferro non eme può essere fino a 10 volte maggiore negli individui con carenza di ferro rispetto agli individui colmi di ferro.

L'assunzione di riferimento alimentare assegnata al ferro per i vegetariani nel 2001 era l'80% in più rispetto a quella per i non vegetariani. Ciò deriva dal presupposto che la biodisponibilità del ferro da una dieta vegetariana è del 10%, mentre quella da una dieta non vegetariana è del 18%. Queste ipotesi erano basate su dati molto limitati utilizzando studi di assorbimento di un pasto che coinvolgono i pasti che erano atipici di ciò che la maggior parte dei vegetariani consumano nei paesi occidentali. Ora sappiamo che gli individui possono adattare e assorbire il ferro non-eme in modo più efficace.

L'entità dell'effetto degli esaltatori e degli inibitori dell'assorbimento del ferro può diminuire con il tempo. Gli individui sono in grado di adattarsi a basse assunzioni di ferro nel tempo e possono ridurre le perdite di ferro. In uno studio, l'assorbimento totale di ferro è aumentato significativamente di quasi il 40% dopo 10 settimane di consumo della dieta a bassa biodisponibilità.

Gli individui con basso stato di ferro possono aumentare sostanzialmente il loro assorbimento di ferro dalle diete con biodisponibilità di ferro da moderata ad alta. Il processo di assorbimento

sembra adattarsi efficacemente nel caso dei vegetariani occidentali perché i loro valori di emoglobina e la maggior parte delle altre misure dello stato del ferro sono simili a quelli osservati nei non vegetariani. (Melina, Craig, Levin, 2016)

5.3 Vitamina B12

La vitamina B-12 è un nutriente da tenere sotto controllo; infatti, non è un componente degli alimenti vegetali. Gli alimenti fermentati (come tempeh), nori, spirulina, alghe clorella e lievito alimentare non aromatizzato non possono essere considerati fonti adeguate o pratiche di B-12. I vegani devono consumare regolarmente fonti affidabili, alimenti fortificati o -B-12 contenenti integratori o potrebbero diventare carenti, come mostrato in casi di studi di neonati vegan, bambini e adulti. La maggior parte dei vegetariani dovrebbe includere queste fonti affidabili B-12 perché 1 tazza di latte e un uovo al giorno fornisce solo circa due-terzi dell'indennità alimentare raccomandata (RDA). I primi sintomi di una grave carenza di B-12 sono stanchezza insolita, formicolio alle dita delle mani o dei piedi, scarsa cognizione, cattiva digestione e incapacità di prosperare nei bambini piccoli. Una carenza subclinica di B-12 provoca un'elevata omocisteina. Le persone con poca o nessuna assunzione di B-12 possono sentirsi sane; tuttavia, la carenza subclinica a lungo termine può portare a ictus, demenza e cattiva salute delle ossa. (Melina, Craig, Levin, 2016)

5.4 Calcio

L'assunzione nelle diete lacto-ovo-vegetariani è tipicamente conforme o superiore alle raccomandazioni di calcio, mentre l'assunzione di calcio nelle diete vegane varia ampiamente e talvolta scende al di sotto delle raccomandazioni.

La biodisponibilità del calcio negli alimenti vegetali, che è correlata al contenuto di ossalato negli alimenti e, in misura minore, fitato e fibra, è una considerazione importante. L'assorbimento frazionato da verdure ad alto contenuto di ossalato, come gli spinaci, le barbabietole e le bietole, può essere del 5%. Pertanto, queste non possono essere considerate buone fonti di calcio, nonostante il loro elevato contenuto di calcio. In confronto, l'assorbimento da verdure a basso contenuto di ossalato, come cavoli, cime di rapa e cavoli cinesi è di circa il 50%.

L'assorbimento di calcio da parte del tofu (prodotto con sale di calcio) e da parte della maggior parte dei latti vegetali fortificati è simile a quello del latte vaccino, pari a circa il 30%. Altri alimenti vegetali, come fagioli bianchi, mandorle, tahini, fichi e arance, forniscono quantità moderate di calcio con una biodisponibilità leggermente inferiore (circa il 20%). Confrontando le forme di calcio utilizzate per la fortificazione, la biodisponibilità di calcio-citrato-malato può essere almeno del 36%, mentre altri sono circa il 30%. Nutrizionisti dietologi registrati (Rdns) e tecnici nutrizionali e dietetici, registrati (NDTRs) possono aiutare i clienti a soddisfare le esigenze di calcio incoraggiando il consumo regolare di buone fonti di calcio e, se necessario, integratori di calcio a basso dosaggio. (Melina, Craig, Levin, 2016)

6) Conclusione

Dopo un'analisi dei fattori sopra indicati cambiare abitudini alimentari risulta un valido percorso da intraprendere collettivamente, guardando i precedenti studi ci possiamo accorgere che la carne e i suoi derivati hanno quasi sempre l'impatto ambientale più alto in quasi tutte le categorie. Prodotti come manzo, pollo, maiale, formaggio e latte consumano più acqua, emettono più CO2 e hanno bisogno di molto terreno rispetto a molti altri alimenti. Uno spostamento verso diete più povere di carne e derivati ma più ricche di sostituti come verdura, legumi e semi è un comportamento fondamentale da tenere se vogliamo che il nostro stile di vita aiuti contro la lotta ai cambiamenti climatici. Anche da un punto di vista della salute umana una dieta plant-based bilanciata e corretta può essere adatta, o in alcuni casi addirittura apportare benefici. Guardando però le linee guida, proposti da enti superiori, che contengono azione per ridurre il nostro impatto ambientale si può osservare la mancanza di questo tema. Quasi sempre i temi su cui si discute sono riciclare, consumare meno acqua, usare meno la macchina, produrre meno plastica. Educando la popolazione su quanto cambiare la propria dieta possa influenzare il nostro impatto ambientale avremo sicuramente un impatto positivo.

Referenze e Citazioni

- (1) <https://www.consilium.europa.eu/it/meetings/international-summit/2019/12/02/>
- (2) <https://oggiscienza.it/2013/10/07/ridurre-le-emissioni-degli-allevamenti/>
- (3) https://it.wikipedia.org/wiki/Earth_Overshoot_Day

Carpenter et al., 2008

Clark et al., Science 370, 2020

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba7357>

Clem, Barthel, 2021

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8210981/>

Doreau, Corson, and Wiedemann, 2012

<https://academic.oup.com/af/article/2/2/9/4638620>

Environ. Sci. Technol. 2010, 44, 16, 6450–6456

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es9034478>

Ernstoff , Tu , Faist , Del Duce, Mandlebaum, Dettling ,Sustainability 2019, 11, 6235

<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/22/6235>

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

<https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

Godfrayet al., Science 361, 2018

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam5324>

Grant, Canadian Family Physician October 2017, 63 (10) 744-746

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29025793/>

Hoegh-Guldberg e Bruno, 2010

Keith et al., 2008

Machovina et al. / Science of the Total Environment 536 (2015) 419–431

<https://www.medicosadventistas.org/wp-content/uploads/2018/09/Biodiversity-conservation-The-key-is-reducing-meat-consumption..pdf>

Melina, Craig, Levin, JOURNAL OF THE ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETICS December 2016
Volume 116 Number 12

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212267216311923>

Pimm et al., 2014

Ritchie and Roser (2020) - "Environmental Impacts of Food Production". *Published online at OurWorldInData.org.*

<https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food?country=#food-production-is-responsible-for-one-quarter-of-the-world-s-greenhouse-gas-emissions>

Röös et al. / Ecological Indicators 24 (2013) 573–581

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12002956>

Rosenzweig et al., 2014

Sandström et al. (2018)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912418300361>

Schlink , Nguyen, Viljoen, 2010

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21309458/>

Shakla, Dey, Suresh. Deforestation: Causes, Effect and Control Strategies. Global prospective on sustainable forest management, 2021.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47962277/Deforestation_Causes_Effects_and_Control20160810-4916-1ytgvis-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1646223525&Signature=cCcHtFiiVFfoMQdHpDWoovWj46TM~ZUElwHi9Jfwu110FG26237MGW0GomeaO8rfaeodBcBAn2ciDX9cvMONqZwHQjJUFss6JpXYF22IXQ4IkDaIJK5MWU7FD T6-XPWXFGL8kgE7dVdfVwBEB3~05-Rvpyn8To8bn~vcPqpkfH3ztrjM-g5xiOOll8OnOJa7S7SIDxdw3aUcqde4KuyKIsI3VDVWnJF9rzcHUbdhgxqqZ2AAXSC1XFcGtCm1LTMTC GQQOM3ea6Eusj3gWoRR6Vyd4U57cBhDew1IHAjWdQk0~xoZUzu-SdUUZEgVriyY2dqFe8OmseHCjcTWUBLhyw &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=17

Smetana, Profeta, Voigt et al. Future Foods 4 (2021)

https://www.researchgate.net/publication/351248467_Meat_substitution_in_burgers_nutritional_scoring_sensorial_testing_and_Life_Cycle_Assessment

Strid Eriksson et al. (2005)

Thomas et al., 2004

Walther et al., 2002