



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"(There's no) One best way. Cambiamento climatico e sistemi
zootecnici a confronto"**

RELATORE:

CH.MO PROF. ALBERTO ALVISI

LAUREANDA: MARIAM DIALLO

MATRICOLA N. 1173757

ANNO ACCADEMICO 2019 – 2020

“La candidata, sottoponendo il presente lavoro, dichiara, sotto la propria personale responsabilità, che il lavoro è originale e che non è stato già sottoposto, in tutto o in parte, dal/dalla candidato/a o da altri soggetti, in altre Università italiane o straniere ai fini del conseguimento di un titolo accademico. Il/La candidato/a dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati ai fini della predisposizione dell’elaborato sono stati opportunamente citati nel testo e riportati nella sezione finale ‘Riferimenti bibliografici’ e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l’esplicito richiamo al documento originale”

Sommario

CAPITOLO I: L'UOMO E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	2
1.1. Cambiamento climatico.....	3
1.2. Le cause antropiche del cambiamento climatico.....	7
1.3. La distribuzione delle emissioni di gas serra per settore.....	10
1.4. Il ruolo del settore zootecnico nel cambiamento climatico	12
CAPITOLO II: SETTORE ZOOTECNICO ED EMISSIONI DI GAS SERRA.....	13
2.1. Il contributo delle diverse fasi del ciclo produttivo alle emissioni totali di gas serra	14
2.2. Specie animale e carbon footprint.....	17
CAPITOLO III: CONFRONTO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA DEI DIVERSI SISTEMI PRODUTTIVI ZOOTECNICI.....	19
3.1. Classificazione dei sistemi zootecnici.....	19
3.2. Confronto dell'impatto ambientale dei diversi sistemi di allevamento.....	20
CONCLUSIONE.....	23
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	24

INTRODUZIONE

La seguente tesi si pone l'obiettivo di valutare se, e in quale misura, il sistema produttivo messo in essere possa determinare il valore delle emissioni inquinanti prodotte negli allevamenti di mammiferi di taglia medio/grande; perciò ha lo scopo di verificare se vi siano sistemi produttivi migliori, peggiori o equivalenti ad altri in termini di esternalità negative e, se sì, se essi lo siano in qualsiasi contesto oppure in presenza di determinate condizioni. Per condurre tale analisi farò riferimento ai risultati ottenuti attraverso il Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) un modello sviluppato dalla FAO che, attraverso l'approccio dell'analisi del ciclo di vita, stima per sei diverse specie animali l'impatto ambientale in base ai diversi sistemi produttivi che essi possono avere.

Saranno presi in esame i bovini e i ruminanti di piccola taglia e per ognuno di essi saranno indicati due o più sistemi produttivi a cui saranno associate le relative emissioni inquinanti prodotte lungo l'intera filiera produttiva. Andrò ad analizzare e confrontare tali risultati e in seguito a verificare se vi sia un riscontro in altre indagini condotte con lo stesso approccio. Questo elaborato mira principalmente a fare chiarezza su un argomento dibattuto da molti ma senza che si sia giunti a una risposta univoca. Purtroppo, al giorno d'oggi risulta sempre più difficile distinguere le notizie attendibili e autorevoli da quelle che non lo sono e per un argomento come questo, oggetto di numerosi dibattiti, ciò risulta ancora più complesso; infatti, non appena si tenta di comprendere quale sia la reale situazione, ci si ritrova sommersi da una moltitudine di studi e opinioni spesso contrastanti tra di loro. Proprio per questo motivo, risulta utile comprendere quale sia l'impatto ambientale dei diversi sistemi produttivi in modo da fare chiarezza e, per quanto possibile, sfatare o dare credito ad alcune "convinzioni" sugli allevamenti intensivi. Inoltre, ciò ci permetterà di identificare i punti della filiera zootecnica meno efficienti in termini di impatto ambientale ed esternalità negative e di elaborare soluzioni mirate sia dal punto di vista normativo sia per quanto riguarda le buone pratiche da adottare per mitigarne l'impatto.

Tale tesi è suddivisa in tre capitoli: Il primo ha come obiettivo l'analisi della relazione tra cambiamento climatico e uomo; si aprirà con l'introduzione di due concetti cruciali al fine della comprensione del tema oggetto di studio e cioè il concetto di clima e variabilità climatica; si procederà con l'analisi delle evidenze empiriche che hanno portato la comunità scientifica a ritenere che il riscaldamento globale sia innegabile: perciò si tratterà dell'innalzamento dei mari verificatosi a partire dalla fine del XX secolo, dell'aumento degli eventi meteorologici estremi

e del progressivo ritiro dei ghiacciai. Conclusa la disamina delle conseguenze del cambiamento climatico, verranno analizzate le cause del riscaldamento globale in corso. Sarà posta particolare enfasi nell'analisi del perché l'uomo sia ritenuto il principale colpevole del riscaldamento globale. La parte conclusiva del primo capitolo si concentrerà sul contributo dei diversi settori economici nell'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera, con particolare attenzione al settore zootecnico.

Nella prima parte del secondo capitolo verranno analizzate le cause (dirette e indirette) di gas climalteranti lungo la filiera zootecnica; prima di far ciò, verranno introdotti il concetto di Carbon Footprint e di analisi del ciclo di vita; nella seconda parte del capitolo, invece, verranno esposti i principali fattori alla base della diversità di emissione delle molteplici specie animali.

L'argomento centrale dell'ultimo capitolo è il confronto delle emissioni di gas serra tra i diversi sistemi produttivi zootecnici; dapprima verranno descritti i vari sistemi presi in considerazione nell'elaborato e successivamente si procederà con il loro confronto.

CAPITOLO I: L'UOMO E IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

1.1. Cambiamento climatico

Negli ultimi anni la “questione climatica” ha riscosso, a livello mondiale, l’attenzione di molti organismi sia scientifici che politici e, nonostante la comunità scientifica sia concorde nell’affermare che esso sia innegabile, viene ancora oggi spesso percepito come un fenomeno su cui la conoscenza scientifica è incerta, quando non viene addirittura apertamente negato. A riguardo vi sono innumerevoli pubblicazioni scientifiche che dichiarano che il cambiamento climatico sia inequivocabile e che il pianeta stia per affrontare un’emergenza climatica senza precedenti (Physical and Basis, 2014, p. 2; Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 16). Ipcc, Il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico, istituito nel 1988 dalla World Meteorological Organization e dallo UNEP (United Nations Environment Programme) allo scopo di fornire una visione chiara e scientificamente fondata sui cambiamenti climatici e sui loro potenziali impatti ambientali e socio-economici, afferma che:

Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile e, a partire dagli anni '50, molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti su scale temporali che variano da decenni a millenni. L'atmosfera e gli oceani si sono riscaldati, le quantità di neve e ghiaccio si sono ridotte, il livello del mare si è alzato, e le concentrazioni di gas serra sono aumentate (Physical and Basis, 2014, p. 2).

Prima di andare ad analizzare le evidenze empiriche che hanno portato a tale affermazione, è utile chiarire la differenza tra clima e tempo meteorologico dato che, nonostante i due termini vengano spesso usati come sinonimi nel linguaggio comune e dai mass media, essi hanno una connotazione scientifica molto diversa. Il loro uso erraneo porta spesso ad una comprensione limitata o sbagliata della letteratura scientifica in materia (Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 62).

Per tempo meteorologico si intende il complesso delle condizioni meteorologiche (temperatura, pressione, umidità ...) che sono responsabili dei venti, della copertura nuvolosa e delle precipitazioni che caratterizzano l'atmosfera, in un dato momento e in un dato luogo. Il clima, invece, è definito in senso stretto come tempo meteorologico medio e più rigorosamente come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti come

temperatura, precipitazione, umidità, intensità e direzione del vento e altre, effettuata in un arco di tempo che va da mesi a migliaia o milioni di anni. Il periodo classico per calcolare la media (in generale, la statistica) di queste variabili è trent'anni, secondo la definizione dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO - World Meteorological Organization) (Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 62).

In altre parole, per tempo meteorologico si intendono i valori istantanei (o mediati su tempi molto brevi) delle principali variabili meteorologiche in un dato luogo e, invece, per clima si intendono le condizioni “tipiche” del tempo in una data regione e in un dato periodo dell’anno.

Dalla definizione sopracitata risulta semplice comprendere il concetto di cambiamento climatico. Esso rappresenta lo scostamento dalla media e dalle altre statistiche delle variabili meteorologiche in tutte le scale spaziali e temporali causata da alcune alterazioni della composizione chimica dell’atmosfera terrestre e da variazioni dell’utilizzo del suolo. Tale cambiamento dello stato del clima deve persistere per un periodo di tempo prolungato (solitamente di decenni o più) e identificabile (per esempio, attraverso l’uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà (Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 56).

Il clima terrestre, in quanto sistema dinamico, è da sempre soggetto a fluttuazioni stagionali, decennali e secolari che dipendono da cause naturali come l’orbita terrestre, la radiazione solare, le eruzioni vulcaniche oppure dalla variabilità intrinseca al sistema stesso. Solamente negli ultimi 650.000 anni si sono verificati sette cicli di avanzamento e ritiro ghiacciai (NASA, 2019a).

La comunità scientifica, come abbiamo visto ad inizio capitolo, è ormai concorde sul fatto che, a partire dalla rivoluzione industriale, il clima terrestre abbia subito e stia subendo tutt’ora un innegabile mutamento, differente da tutti quelli passati per velocità, intensità e cause. Si sta assistendo ad un progressivo riscaldamento del pianeta senza precedenti. Dalla fine del XIX secolo sono state registrate numerose anomalie nella temperatura media globale della superficie terrestre che ora risulta superiore di oltre 1,63 gradi Fahrenheit (poco più di 1 grado Celsius) rispetto a quel periodo (si veda Figure 1-1) (NASA, 2019a).

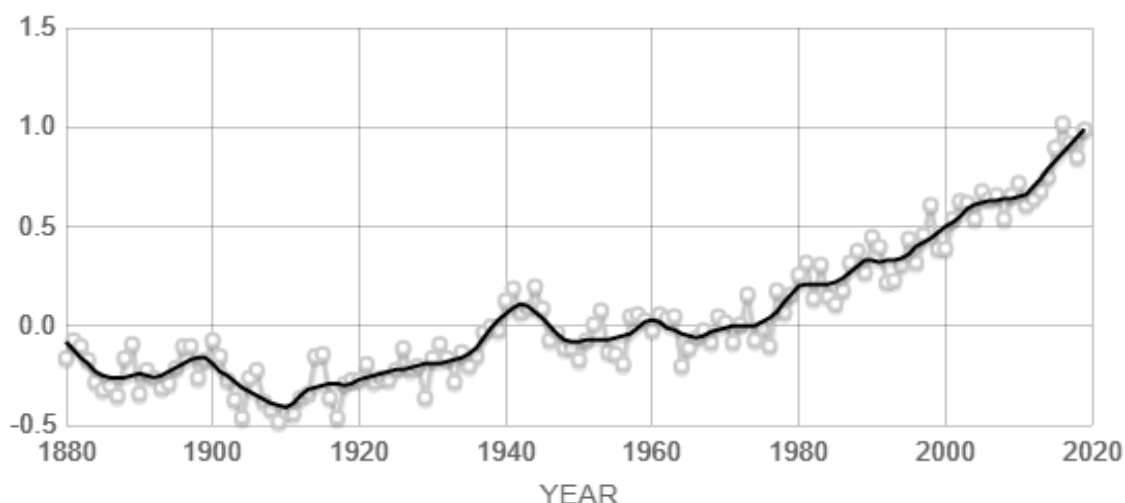


FIGURE 1-1 ANOMALIE DELLA TEMPERATURA (FONTE: CLIMATE.NASA.GOV)

Il cambiamento climatico, oltre all'aumento della temperatura terrestre, ha portato a una maggiore acidificazione degli oceani, all'innalzamento del livello dei mari, alla fusione dei ghiacciai montani e delle calotte glaciali, all'erosione della biodiversità e al cambiamento nella distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni (Physical and Basis, 2014, p. 2; Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 16; NASA, 2019a).

A partire dalla rivoluzione industriale, l'acidità degli oceani è aumentata del 30%. Essi, inoltre, si sono riscaldati, con i primi 700 metri che mostrano un aumento della temperatura dell'acqua di più di 0,4 gradi Fahrenheit dal 1969 (NASA, 2019a).

Dal 1993 ad oggi il livello del mare si è alzato, in media, di 3,3 millimetri all'anno a causa del riscaldamento globale e dello scioglimento dei ghiacciai (Earth Science Communications Team, 2018). Si stima che il potenziale contributo dell'Antartide all'innalzamento globale del livello del mare sia quasi 7,5 volte superiore a quello di tutti gli altri ghiacciai terrestri messi insieme, come si vede nella Figure 1-2 (Northon, 2018).

Tale innalzamento del livello del mare eroderà le coste e causerà inondazioni costiere più frequenti. Alcune isole scompariranno. Il problema risulta molto critico in quanto quasi il 10% della popolazione mondiale vive in aree vulnerabili a meno di 10 metri (circa 30 piedi) sul livello del mare (Earth Science Communications Team, 2018).

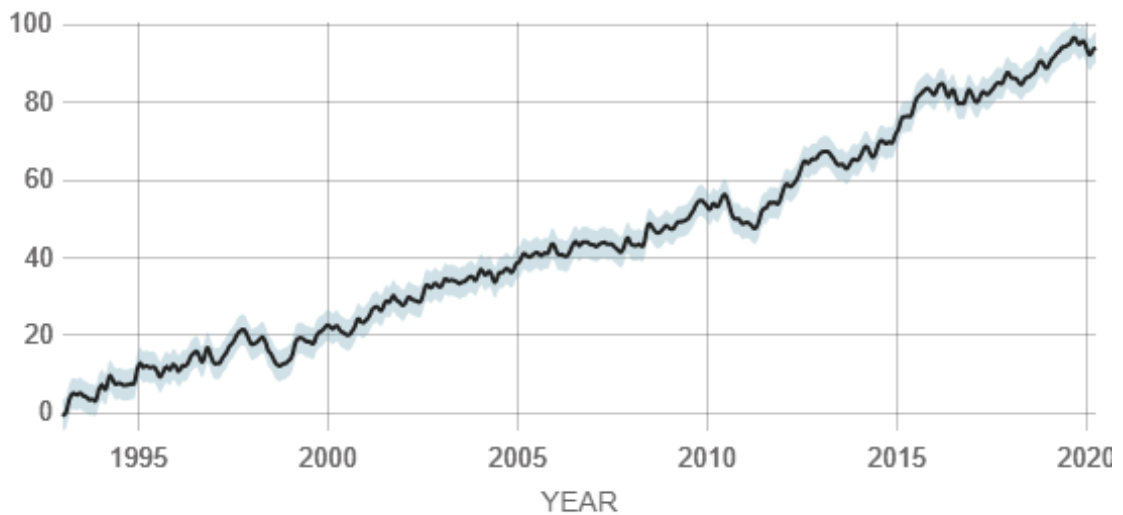


FIGURE 1-2 VARIAZIONE DEL LIVELLO DEL MARE (MM) (FONTE: CLIMATE.NASA.GOV)

Un'ulteriore evidenza del cambiamento climatico in corso è rappresentata dal repentino ritiro dei ghiacciai verificatosi negli ultimi anni. I dati provenienti dal Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE) mostrano che la Groenlandia ha perso in media 279 miliardi di tonnellate di ghiaccio all'anno dal 2002 ad oggi, mentre l'Antartide ha perso circa 147 miliardi di tonnellate di ghiaccio all'anno nello stesso periodo di tempo (si veda Figure 1-3; Figure 1-4) (NASA, 2019b).

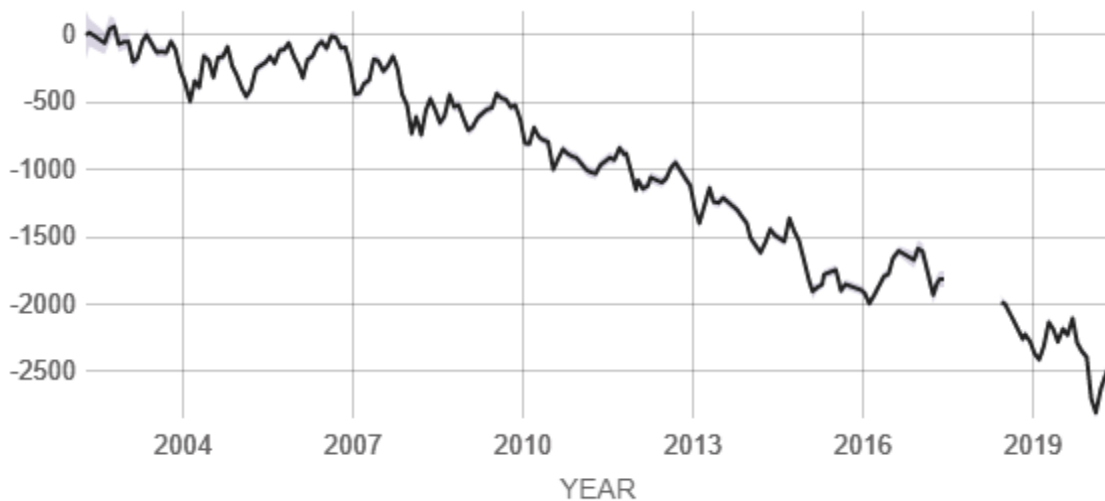


FIGURE 1-3 CALOTTA GLACIALE ANTARTICA (Gt) (FONTE: CLIMATE.NASA.GOV)

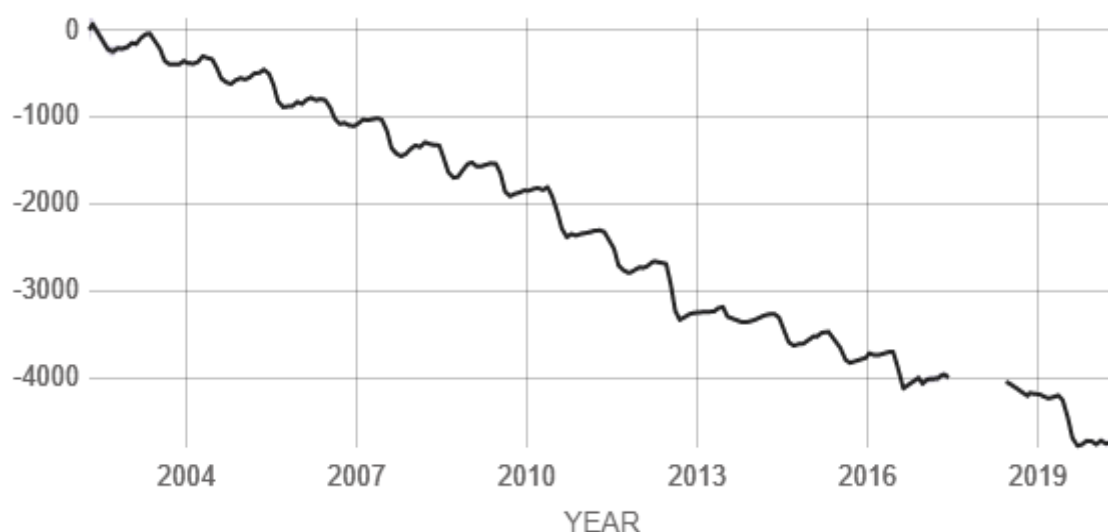


FIGURE 1-4 CALOTTA GLACIALE DELLA GROELLANDIA (FONTE: CLIMATE.NASA.GOV)

Inoltre, si è riscontrato che al riscaldamento globale è correlato un aumento delle probabilità che si verifichino eventi meteorologici estremi quali ondate di calore, siccità, precipitazioni intense con relative inondazioni (Physical and Basis, 2014, p. 3).

1.2. Le cause antropiche del cambiamento climatico

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente la comunità scientifica è ormai concorde sulla effettualità del cambiamento climatico ma per quanto riguarda le cause vi sono ancora pareri discordanti per complessità del sistema climatico e della varietà dei fattori che possono influenzarlo.

I cambiamenti climatici possono essere originati da processi naturali interni o da driver esterni di origine naturale, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, le variazioni nelle caratteristiche dell'orbita della Terra intorno al Sole e dell'asse di inclinazione, o antropica, come l'aumento dei gas serra in atmosfera derivanti dalle attività umane o i cambiamenti nell'uso del suolo. I driver naturali e antropici vanno ad alterare il bilancio energetico del sistema atmosfera-Terra attraverso la variazione del rapporto tra la radiazione solare in entrata e la radiazione in uscita. L'impatto di tali driver sul cambiamento climatico è misurato dal loro forzante radiativo. Le componenti climatiche, inoltre, interagiscono fra loro in modo non lineare, ovvero senza una proporzionalità diretta fra cambiamenti nelle forzanti e risposta del sistema climatico, e sono in grado di generare variabilità climatica anche in assenza

di cambiamenti delle forzanti esterne stesse. Nel corso degli anni, i diversi drivers hanno contribuito in maniera differente ai cambiamenti climatici che hanno avuto luogo.

Per quanto riguarda il riscaldamento globale, registratosi a partire dalla metà del XX secolo, il 97% delle pubblicazioni scientifiche concordano sul fatto che i gas serra di origine antropica siano la principale causa e che i driver naturali, invece, giochino un ruolo molto marginale (Cook *et al.*, 2016). Dagli studi che sono stati condotti risulta che, fino alla rivoluzione industriale, i cambiamenti climatici che avevano avuto luogo erano facilmente attribuibili a cause di origine prettamente naturale ma che, a partire da quel periodo, i driver naturali abbiamo ricoperto un peso minore e che l'aumento delle emissioni di gas serra di origine antropica sia la causa principale del riscaldamento globale (NASA Earth Observatory, 2010).

A tale proposito si stima che l'odierno impatto delle attività umane, con circa 26 miliardi di tonnellate di anidride carbonica prodotta dalla combustione dei fossili ogni anno (a partire dal 2005), sia molto superiore alla quantità di gas serra prodotte dai vulcani attivi che sono, in media, tra 130 e 230 milioni di tonnellate di anidride carbonica all'anno (NASA Earth Observatory, 2010).

Vi sono, inoltre, numerose evidenze che fanno desumere che l'attività solare non sia il principale responsabile del riscaldamento globale. Innanzitutto, a partire dal 1975, la quantità di energia emessa dal sole è rimasta più o meno costante nel tempo e ha subito solo lievi variazioni; in secondo luogo, hanno osservato, diversamente da come sarebbe dovuto accadere se l'attività solare fosse stata la causa principale del riscaldamento globale, un raffreddamento della parte superiore dell'atmosfera e un riscaldamento solo a livello della superficie terrestre e della parte inferiore dell'atmosfera, dove sono presenti i gas serra (*Causes / Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet*, 2018). I modelli climatici, infine, che considerano soltanto i forzanti di origine naturale non riproducono il reale andamento della temperatura terrestre registratosi nell'ultimo secolo (si veda Figure 1-5) (NASA Earth Observatory, 2010; *Causes / Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet*, 2018).

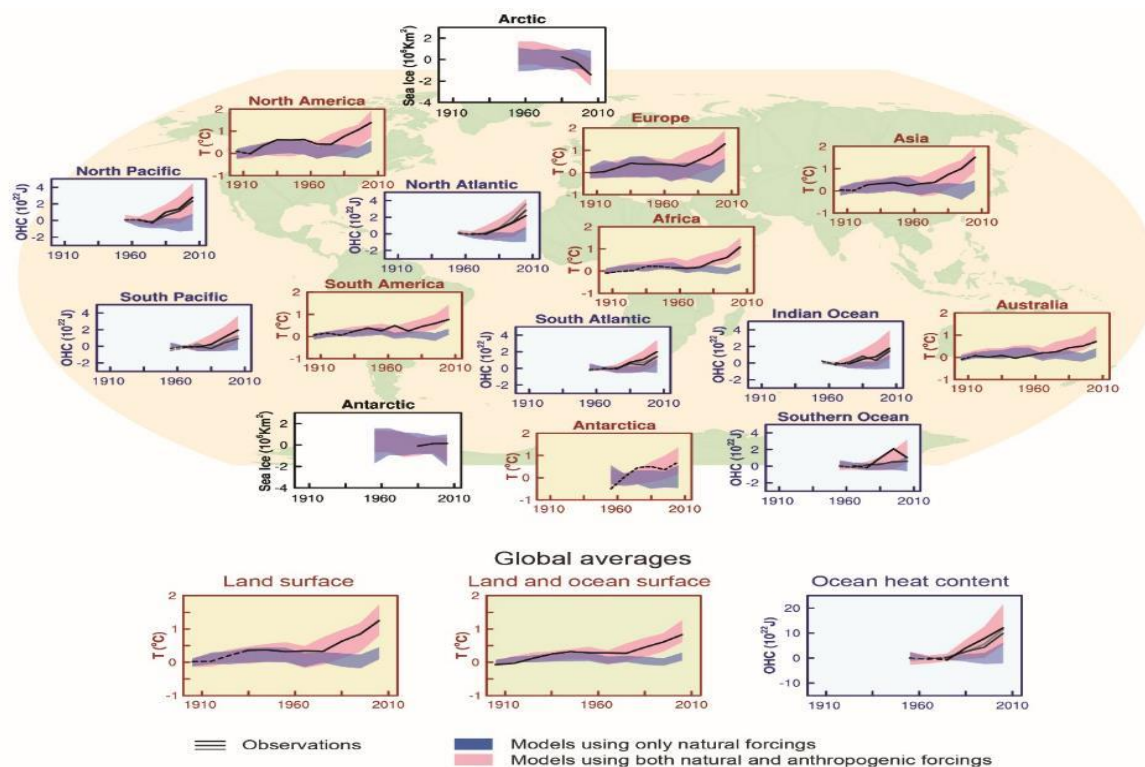


FIGURE 1-5 IPCC AR5 SYNTHESIS REPORT

A tale proposito, è emerso, dal recente comunicato stampa dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale), che nel 2020 si verificherà una consistente riduzione delle emissioni di gas serra a livello nazionale a causa delle restrizioni alla mobilità dovute all'epidemia di COVID19, che hanno interessato tutto il territorio nazionale. Si stima che le emissioni nazionali saranno inferiori del 7.5% rispetto al 2019 e la causa di ciò sia da attribuirsi dell'andamento alla riduzione delle emissioni per la produzione di energia elettrica (-8,2%), per la minore domanda di energia e alla riduzione dei consumi energetici anche negli altri settori, industria (-7,5%), trasporti (-13,3%) a causa della riduzione del traffico privato in ambito urbano, e riscaldamento (-6,0%) per la chiusura parziale o totale degli edifici pubblici e delle attività commerciali (ISPRA, 2020).

Per queste ed altre evidenze il Quinto rapporto (AR5) prodotto dal Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC) giunge alla conclusione che:

L'influenza umana è stata rilevata nel riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani, nelle variazioni del ciclo globale dell'acqua, nella riduzione delle coperture di neve e ghiaccio, nell'innalzamento a livello globale del livello medio del mare, e nei cambiamenti di alcuni estremi climatici. L'evidenza dell'influenza umana è cresciuta da AR4. È estremamente probabile che l'influenza umana sia stata la causa dominante del riscaldamento osservato sin dalla metà del XX secolo (Physical and Basis, 2014, p. 15).

Per differenziare il periodo antecedente alla rivoluzione industriale da quello successivo fu coniato dal biologo Eugene Stoermer e diffuso nel 2000 dal premio Nobel Paul J. Crutzen, il termine “Antropocene”. Esso si riferisce all’epoca geologica attuale in cui l’ambiente terrestre, inteso come l’insieme delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche in cui si crea ed evolve la vita, è profondamente condizionato dagli effetti dell’azione umana. L’anno simbolico in cui è datato il suo inizio è il 16 luglio 1945 (‘antropocene in Vocabolario - Treccani’; Latini, Orusa and Bagliani, 2019, pp. 38–41).

1.3. La distribuzione delle emissioni di gas serra per settore

I principali gas serra prodotti dalle attività umane sono il diossido di carbonio, metano, ossido di azoto e gas fluorurati.

- **Biossido di carbonio o anidride carbonica (CO₂):** la principale fonte di CO₂ è combustione di combustibili fossili (Carbone, gas naturali, oli). Esso può essere emesso anche a causa della deforestazione. Allo stesso modo, esso viene in parte sequestrato dall’atmosfera attraverso l’assorbimento delle piante, che lo utilizzano come parte del ciclo del carbonio.
- **Metano (CH₄):** Le emissioni CH₄ derivano principalmente dalle pratiche di allevamento e agricoltura, dalla decomposizione dei rifiuti e dal consumo energetico.
- **Ossido di diazoto (N₂O):** è emesso dalle attività agricole, come l’uso dei fertilizzanti, nonché durante la combustione di combustibile fossile e rifiuti solidi.
- **Gas Fluorurati:** sono emessi da diversi processi industriali, come la refrigerazione.(EPA, 2016)

Ogni gas serra presenta una diversa capacità di alterare l’equilibrio climatico. Tale diversità d’impatto deriva dalla loro diversa capacità di trattenere l’energia e dalla lunghezza del loro periodo di permanenza in atmosfera. Global Warming Potential (GWP) è una metrica che ci permette di confrontare l’impatto sul clima dei diversi gas climalteranti. Esso rappresenta il rapporto fra il riscaldamento causato da un gas serra in uno specifico intervallo di tempo e il riscaldamento causato nello stesso periodo dal CO₂ nella stessa quantità. Il periodo di tempo solitamente utilizzato per stimare i GWP è di 100 anni. La quantità di emissioni espressa in CO₂ equivalente si ottiene moltiplicando la massa molecolare di un certo gas ad effetto serra per il suo Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP). L’impiego di questa metrica permette di

avere un'unità di misura comune e perciò di poter aggregare le emissioni dei diversi gas serra. (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2017) la Figure 1-6 contiene il valore del GWP dei tre principali gas ad effetto serra stimati dall'IPCC.

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

FIGURE 1-6 GLOBAL WARMING POTENTIAL (FONTE:(GREENHOUSE GAS PROTOCOL, 2015))

La stima del contributo dei diversi settori economici alle emissioni globali di gas serra non è per niente scontata e immediata. Infatti, a seconda dei parametri inclusi nell'analisi, di come vengono ripartite le emissioni indirette tra diversi settori economici o dei confini stabiliti per i diversi settori, le stime possono risultare molto differenti tra di loro. Per esempio, il fatto che alcune ricerche considerino anche le emissioni di gas serra legate ai cambiamenti dell'uso del suolo e foreste fa sì che il peso dei diversi settori cambi notevolmente. Nonostante ciò, dalle diverse stime che sono state effettuate risulta che il settore con il maggiore impatto ambientale sia quello energetico. La maggioranza delle emissioni di gas serra del settore è rappresentata dall'anidride carbonica che viene rilasciata durante la combustione di carbone, petrolio e gas naturale (Romano; Adger and Coauthors including Fischlin, 2007, p. 9; Jos G.J. Olivier and Jeroen A.H.W. Peters, 2018, p. 16) . Il settore dei trasporti gioca un importante ruolo nell'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera. Un altro settore che gioca un ruolo molto importante nel cambiamento climatico è quello residenziale e dei servizi. Le emissioni prodotte da questo settore hanno una duplice natura, diretta e indiretta. Le emissioni dirette derivano dall'utilizzo di combustibili fossili per il riscaldamento degli edifici, dalla gestione dei rifiuti e delle acque reflue e dalle perdite dei refrigeranti nelle case e nelle imprese. Le emissioni indirette, invece, sono associate all'uso dell'energia elettrica nelle residenze o nelle imprese del settore terziario (Environmental Protection Agency, 2019).

La Figure 1-7 proviene dal quinto report sul riscaldamento globale dell'IPCC e mostra la distribuzione delle emissioni per settore basata sui dati del 2010.

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors

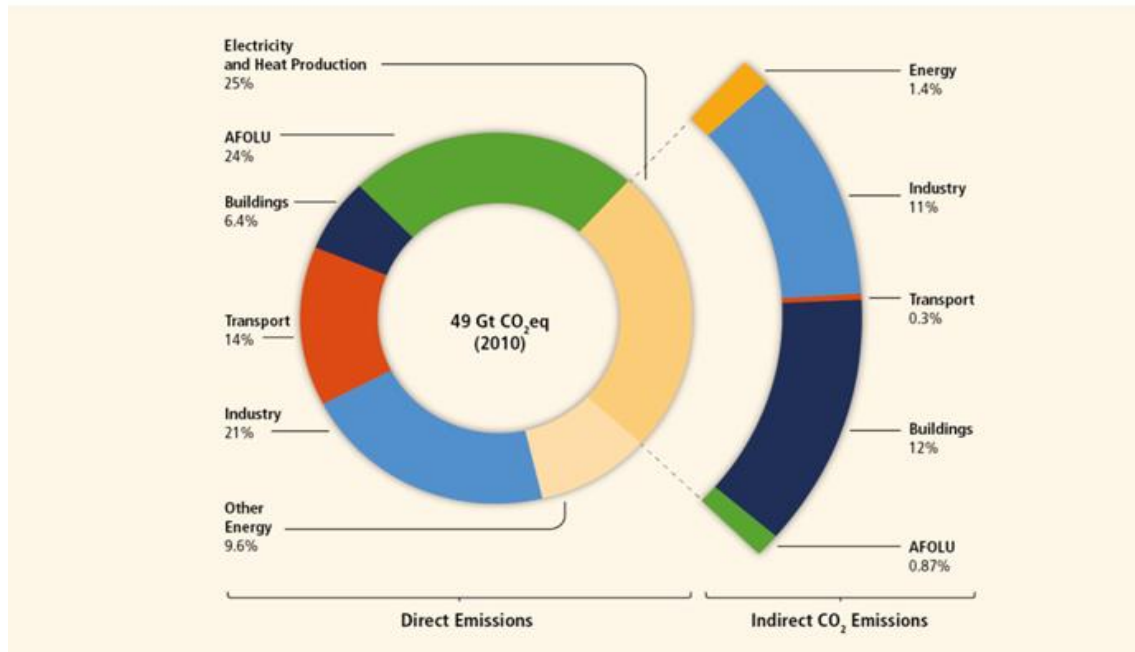


FIGURE 1-7 EMISSIONI DI GAS A EFFETTO SERRA PER SETTORE ECONOMICO (FONTE: IPCC(2014))

Per quanto riguarda la distribuzione delle emissioni di gas per settore in Italia, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha rilevato che: *“LE DISTRIBUZIONI PERCENTUALI DEI VARI SETTORI, IN TERMINI DI EMISSIONI ASSOLUTE, RIMANGONO PRESSOCHÉ INVARIATE NEL PERIODO 1990-2018 NEL 2018, LA QUOTA MAGGIORE DELLE EMISSIONI TOTALI DI GAS SERRA VA ATTRIBUITA AL SETTORE ENERGETICO, CON UNA PERCENTUALE PARI ALL' 80.5%, SEGUITO DAL SETTORE DEI PROCESSI INDUSTRIALI E DELL' AGRICOLTURA CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE IL 8.1% ED IL 7.1% DELLE EMISSIONI TOTALI; IL SETTORE DEI RIFIUTI CONTRIBUISCE CON IL 4.3%”*(Romano, 2020)

1.4. Il ruolo del settore zootecnico nel cambiamento climatico

Dopo la pubblicazione del report "Livestock long shadow: environmental issues and options"(2007) redatto dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), che denunciava la produzione zootecnica come una delle principali cause del riscaldamento globale, imputandogli circa il 18% alle emissioni globali di gas a effetto serra di origine antropica, il dibattito sul ruolo del settore zootecnico si è fatto sempre più acceso tra scienziati, consumatori e produttori. Questo report non è stato esente da critiche in quanto ritenuto fondato su presupposti inadeguati. Una delle critiche che viene mossa contro di esso è

il fatto di aver utilizzato il metodo del ciclo di vita del prodotto solo per il settore zootecnico e di non aver usato lo stesso approccio per determinare la quantità di gas serra del settore, come quello dei trasporti. Il fatto che siano state usate metodologie differenti per la stima dei gas serra emessi dal settore zootecnico rispetto ad altri settori, infatti, rende fuorviante il confronto (Zifei Liu, 2015). Successivamente sono state condotte diverse ricerche con l'obiettivo di definire l'impatto ambientale di questo settore e di alcuni prodotti zootecnici come l'Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS)(Studies, 2009). Ciò che emerge dal confronto di questi studi è che, a seconda della metodologia utilizzata nella raccolta e interpretazione dei dati, il peso del settore zootecnico cambia notevolmente. Nonostante non sia facile determinare in quale misura questo settore contribuisca al riscaldamento globale, resta il fatto che esso sia uno delle principali fonti di metano di origine antropica e che perciò non possa essere trascurato. Secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura il settore zootecnico è responsabile del 14,5% delle emissioni di gas serra di origine antropica, contribuisce a quasi due terzi delle emissioni totali di gas serra del settore agricolo ed è responsabile del 78% delle emissioni di metano agricolo(A. & Tempio, 2013, pp. 14–15).

Per quanto riguarda il contesto italiano, dall'ultimo aggiornamento dell'inventario nazionale dei gas serra, appena trasmesso al Segretariato della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) ed alla Commissione Europea nell'ambito del Meccanismo di Monitoraggio dei Gas Serra Istituto, emerge che le emissioni di gas del settore zootecnico rappresentano il 79% delle emissioni totali del settore agricolo e l'83% delle emissioni di ammoniaca del settore agricolo nazionale (Cristofaro, 2020).

CAPITOLO II: SETTORE ZOOTECNICO ED EMISSIONI DI GAS SERRA

2.1. Il contributo delle diverse fasi del ciclo produttivo alle emissioni totali di gas serra

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, l'impiego di metodologie differenti per quantificare le emissioni di gas serra del settore zootecnico possono portare a esiti molto eterogenei e ciò rende difficile comprendere la reale entità delle esternalità negative del settore. In questo capitolo andremo ad analizzare diverse cause (dirette e indirette) di emissioni del settore lungo l'intera filiera zootecnica e cercheremo di vedere il loro relativo peso. Prima di procedere è necessario introdurre due concetti: carbon footprint e analisi del ciclo di vita del prodotto.

L'impronta di carbonio o carbon footprint è una misura che si inserisce nella più ampia categoria delle impronte ambientali e va a determinare il contributo delle attività umane al cambiamento climatico. Essa rappresenta il totale delle emissioni di gas serra attribuibili direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio ed è espressa in termini di CO₂ equivalente. Per determinare la carbon footprint di un prodotto è necessario considerare non solo le emissioni di co₂-eq del processo produttivo ma le emissioni lungo l'intera vita del prodotto. Infatti, se fossero considerate solo le emissioni dirette derivanti dal processo produttivo il risultato dell'analisi risulterebbe distorto e incompleto in quanto non si andrebbe a considerare il contributo di fasi essenziali come il trasporto, il recupero di materie prime, l'imballaggio e lo smaltimento del bene che invece rappresentano una grande fonte di emissioni di gas climalteranti. Conformemente alle disposizioni del Protocollo di Kyoto, i principali gas serra che vengono considerati nel calcolo dell'impronta di carbonio sono: l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), il protossido d'azoto (N₂O), l'esfluoruro di zolfo (SF₆), gli idrofluorocarburi (HFCs) e i PFCs, cioè i perfluorocarburi (Latini, Orusa and Bagliani, 2019, p. 100). Il metodo maggiormente utilizzato per definire e quantificare le emissioni totali di gas serra lungo l'intero ciclo di vita di un prodotto è l'analisi del ciclo di vita (LCA). Essa, oltre all'impronta di carbonio, viene utilizzata per determinare: il potenziale di acidificazione, il potenziale di eutrofizzazione e la formazione di ossidanti fotochimici. Gli aspetti essenziali della metodologia sono: la definizione dell'unità funzionale, ossia la grandezza a cui si

riferiscono i risultati e per la quale sono valutati le potenziali conseguenze sull'ambiente, la qualità dei dati disponibili (misure dirette o inventari), i limiti del sistema analizzato e la valutazione degli impatti.

Essa permette di:

- identificare i processi con maggiore impatto ambientale all'interno delle diverse filiere produttive;
- confrontare i diversi sistemi produttivi che portano alla produzione di prodotti equivalenti;
- valutare gli effetti ambientali di modifiche nel processo produttivo (*Scheda WaFS*).

Le principali fonti dirette e indirette di gas climalteranti lungo la filiera zootecnica sono: la fermentazione enterica, la gestione delle deiezioni, l'uso dell'energia in azienda (ad es. raffreddamento, ventilazione e riscaldamento) e il trasporto sia degli animali che dei prodotti finiti.

- **Emissioni di metano derivanti dalla fermentazione enterica.**

Gli animali ruminanti (bovini, bufali, ovini e capre) producono CH₄ come parte del loro processo digestivo. Nel loro rumine (stomaco), la fermentazione microbica suddivide i carboidrati in semplici molecole che possono essere digerite dagli animali. Il metano è un sottoprodotto di questo processo (A. & Tempio, 2013, p. 20). La quantità di metano emessa durante la fermentazione enterica è differente da specie a specie animale e varia in base ai sistemi di allevamento. Tale diversità è dovuta principalmente alla qualità dei mangimi e all'indice di conversione alimentare dei diversi animali. La caratteristica principale dei mangimi che determina la quantità di metano enterico emesso è il livello di digeribilità. Infatti, mangimi ad alta digeribilità portano emissioni di CH₄ meno elevate per unità di energia ingerita in quanto forniscono maggiore energia per kg foraggio ingerito (A. & Tempio, 2013, p. 20; FAO, 2013, p. 53; Grossi *et al.*, 2019, p. 70). L'indice di conversione alimentare rappresenta la quantità di mangime, espressa in chilogrammi, necessaria per l'accrescimento di un chilogrammo di peso vivo dell'animale. Perciò esso rappresenta la percentuale di cibo ingerito utilizzato per la crescita della struttura corporea dell'animale e non per il mantenimento delle sue normali funzioni vitali. Gli animali con maggiore capacità di conversione dei mangimi in aumento di peso corporeo presentano minori emissioni di metano enterico in quanto necessitano di minore apporto calorico per raggiungere il peso di macellazione (FAO, 2013, p. 55)

- **Emissioni di metano e N₂O derivanti dalla gestione delle deiezioni**

La gestione delle deiezioni porta all'emissione sia di metano che di ossido di diazoto. Il metano viene rilasciato quando le deiezioni sono decomposte in condizioni anaerobiche. La quantità di metano emessa non dipende tanto dalla quantità delle deiezioni ma da come esse vengono gestite. Quando vengono gestite in forma liquida, ad esempio nelle lagune profonde o nei serbatoi di contenimento, producono maggiore quantità di metano rispetto a quando sono gestite in forma solida. Inoltre, durante lo stoccaggio e la lavorazione delle deiezioni, l'azoto viene rilasciato principalmente nell'atmosfera sotto forma ammoniacca (NH₃) che può essere successivamente trasformata in N₂O (A. & Tempio, 2013, p. 20; Grossi *et al.*, 2019, p. 70).

- **Emissioni di biossido di carbonio e N₂O derivanti dalla produzione, dalla lavorazione e dal trasporto dei mangimi.**

Le emissioni legate alla produzione, alla lavorazione e al trasporto dei mangimi dipendono da numerosi fattori come la composizione dei mangimi, le modalità di produzione dei mangimi (uso di fertilizzanti, pesticidi, etc.), la produzione dei foraggi in azienda o l'acquisto dall'esterno. Un altro fattore che aumenta il peso delle emissioni di gas serra derivanti dalla produzione dei mangimi è rappresentata dalle colture utilizzate per la produzione di mangimi e dei pascoli in habitat naturali, che causano ingenti emissioni di CO₂. Analogamente a quanto succedeva per il metano enterico, anche le emissioni legate alla produzione di mangimi sono strettamente collegate alla capacità delle diverse specie animali di convertire i mangimi assunti in aumenti di peso e di output finale (FAO, 2013, p. 59).

- **Emissioni di biossido di carbonio derivanti dal consumo energetico**

Comprendono tutte le emissioni legate al consumo energetico lungo l'intera filiera zootecnica. A livello di produzione dei mangimi, comprende le emissioni in relazione all'uso dei macchinari per la gestione delle colture, la raccolta, la trasformazione e il trasporto dei mangimi. Inoltre, a livello dei singoli allevamenti include le emissioni di CO₂ derivanti dall'uso dell'energia elettrica (per gli edifici, i macchinari, etc.). Infine, considera tutte le emissioni legate al trasporto (A. & Tempio, 2013, p. 20).

Secondo le stime del GLEAM, emissioni legate alla produzione, alla lavorazione e al trasporto dei mangimi e la fermentazione enterica rappresentano le maggiori fonti di gas serra del settore zootecnico con, rispettivamente, il 41% e 44% delle emissioni totali (FAO, 2019a), come si vede nella Figure 2-1.

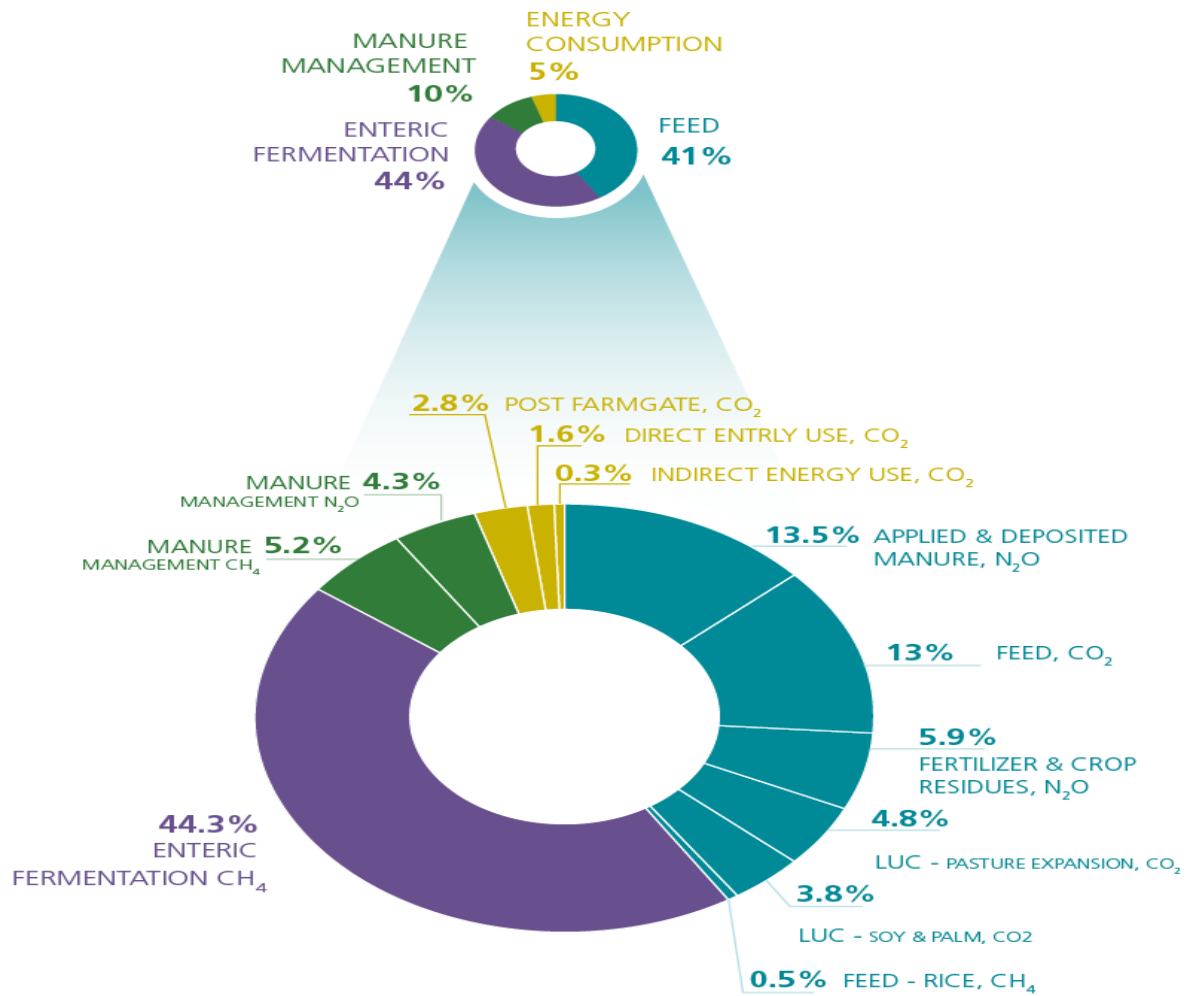


FIGURE 2-1 DISTRIBUZIONE DELLE EMISSIONI GAS SERRA PER FONTE (FONTE: FAO.ORG/GLEAM/RESULTS)

2.2. Specie animale e carbon footprint

La quantità di gas serra emessa varia notevolmente da specie a specie. Dai diversi studi emerge che i bovini sono la specie animale con l'impatto ambientale, in termini di CO₂-eq emessi, più elevato (Studies, 2009, p. 18; de Vries and de Boer, 2010, p. 9; A. & Tempio, 2013, p. 15). Questo è dovuto principalmente alla quantità di metano emessa durante la fermentazione enterica che risulta più alta rispetto alle altre specie a causa del suo alto indice di conversione alimentare. Infatti, la maggior parte dei mangimi assunti dai bovini è destinata al mantenimento delle funzioni vitali dell'animale e non si traduce in aumenti di peso corporeo. Secondo il GLEAM la quantità di gas climalteranti prodotta dagli allevamenti di bovini, nel 2010, ha rappresentato quasi il 66% delle emissioni di gas serra del settore zootecnico (FAO, 2019b). Gli allevamenti di suini e di ruminanti di piccola taglia presentano delle emissioni di CO₂ molto più contenute (A. & Tempio, 2013, p. 15; FAO, 2019b).

Il latte di mucca, la carne di pollo, le uova e la carne di maiale, invece, hanno un'intensità di emissione molto più contenuta, come si vede nella Figure 2-2 (FAO, 2019b).

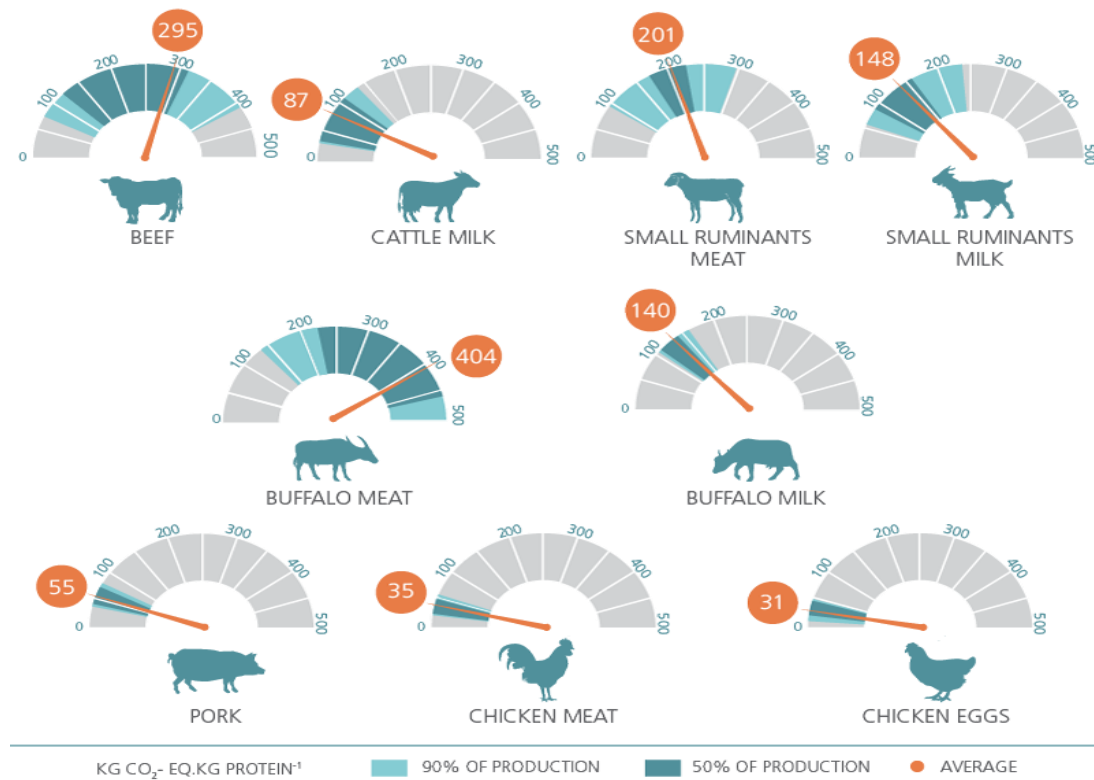


FIGURE 2-2 INTENSITÀ DI EMISSIONE DEI DIVERSI PRODOTTI ZOOTECNICI (FONTE: FAO.ORG/GLEAM/RESULTS)

CAPITOLO III: CONFRONTO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA DEI DIVERSI SISTEMI PRODUTTIVI ZOOTECNICI

3.1. Classificazione dei sistemi zootecnici

A livello globale vi è una grande varietà di sistemi zootecnici; essi possono differire per la forma, la dimensione, l'intensità di impiego dei fattori produttivi utilizzati, per le tecniche applicate oppure per l'origine delle materie prime. Proprio per questo motivo vi sono diverse classificazioni dei sistemi zootecnici. La classificazione che prenderemo in considerazione per questa tesi è quella elaborata da Seré e Steinfeld.

Secondo Seré and Steinfeld (1996) i diversi sistemi produttivi zootecnici presenti a livello mondiale possono essere divisi in sistemi di allevamento esclusivi e misti. I **sistemi di allevamento esclusivi** sono quelli in cui l'allevamento rappresenta l'attività principale dell'azienda agricola, ossia solo quelli in cui meno del 10% del valore totale della produzione aziendale sia dovuta ad attività agricole non zootecniche; inoltre, affinché un sistema produttivo zootecnico sia definito esclusivo più del 90% del fabbisogno nutritivo totale degli animali da lui allevati devono provenire da pascoli o foraggi.

I **sistemi di allevamento misti**, invece, sono quelli in cui l'allevamento è praticato congiuntamente all'agricoltura, che deve essere la fonte almeno del 10% della produzione totale dell'azienda. In questa tipologia di allevamento più del 10% del fabbisogno nutritivo degli animali proviene dagli scarti delle attività agricole o comunque da foraggi coltivati in azienda.

I sistemi di allevamento esclusivi vengono, a loro volta, suddivisi in due categorie:

- **I sistemi di allevamento senza terra** in cui almeno il 90% del fabbisogno nutritivo degli animali è prodotto all'esterno dell'azienda e in cui il tasso di densità medio annuo è superiore a 10 unità di bestiame per ettaro di terreno agricolo (Seré and Steinfeld, 1996). Questa tipologia di allevamento è praticabile in qualsiasi zona agro-ecologica, però è localizzata principalmente in aree ad alta densità di popolazione ed elevato potere d'acquisto, come le zone costiere dell'Asia orientale e del Nord America (*Scheda WaFS*). Questo sistema produttivo è utilizzato principalmente per la produzione di carne e uova. I sistemi produttivi senza terra specializzati nella produzione di carne bovina si trovano quasi esclusivamente nell'Europa orientale e nella CSI e in alcuni paesi membri dell'OCSE. Essi sono capital-intensive e labour-intensive e sono caratterizzati

dalla presenza di economie di scala e dall'uso intensivo di mangimi per ridurre il periodo di ingrasso degli animali (FAO);

- **Sistemi di allevamento pastorale** in cui più del 10% del fabbisogno nutritivo del bestiame è prodotto nell'azienda agricola e in cui il tasso di densità medio annuo è superiore a 10 unità di bestiame per ettaro di terreno agricolo.

I sistemi di produzione misti sono localizzati in aree climaticamente più favorevoli. Sono maggiormente diffusi nelle aree semi aride e sub umide dei tropici e nelle zone temperate, in cui le precipitazioni sono molto frequenti (*Scheda WaFS*). I sistemi produttivi misti, analogamente ai sistemi di allevamento esclusivi, vengono suddivisi in due categorie:

- **I sistemi misti irrigui:** se i terreni coltivati sono irrigati artificialmente;
- **Sistemi misti non irrigui:** se i terreni coltivati sono prevalentemente alimentati dalle precipitazioni.(FAO)

3.2. Confronto dell'impatto ambientale dei diversi sistemi di allevamento

Per confrontare l'impatto ambientale dei diversi sistemi produttivi zootecnici farò riferimento ai risultati ottenuti attraverso il Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM), un modello sviluppato dalla FAO che stima l'impatto ambientale del settore zootecnico attraverso l'approccio dell'analisi del ciclo di vita.

Il principale parametro che verrà usato per il confronto è l'intensità di emissione, cioè il rapporto tra quantità totale di gas serra prodotto e la quantità di output totale.

La Figure 3-1 riporta l'intensità di emissione dei bovini in base al sistema produttivo in cui sono allevati. Esso risulta molto più elevato negli allevamenti estensivi rispetto agli allevamenti misti ed intensivi.

La differenza di intensità di emissione dei diversi sistemi produttivi potrebbe essere spiegata da numerosi fattori, come il peso più elevato della macellazione, la minore età al parto, la riduzione dei tempi di macellazione e la minore mortalità e una migliore qualità dei mangimi che portano i sistemi di allevamento misti e intensivi ad avere una maggiore produttività rispetto agli allevamenti estensivi (FAO, 2013, p. 24). Infatti, numerosi studi evidenziano la tendenza alla riduzione dell'intensità di emissione all'aumentare della resa per animale; in quanto i sistemi

zootecnici con alta produttività sono in grado di offrire, con un minore numero di animali, la stessa quantità di output di un sistema zootecnico con produttività inferiore (FAO, 2013, p. 51).

Un ulteriore fattore che aumenta notevolmente la quantità di gas serra prodotti dagli allevamenti estensivi è l'espansione dei pascoli nelle aree forestali che comporta ingenti emissioni di CO₂. Viceversa, i sistemi di allevamento estensivi presentano minori emissioni di gas serra per quanto riguarda l'uso di fertilizzanti e la gestione delle deiezioni. La fermentazione enterica, invece, rappresenta la principale fonte di emissione di gas climalteranti in tutti i tre sistemi produttivi (si veda la Figure 3-2).

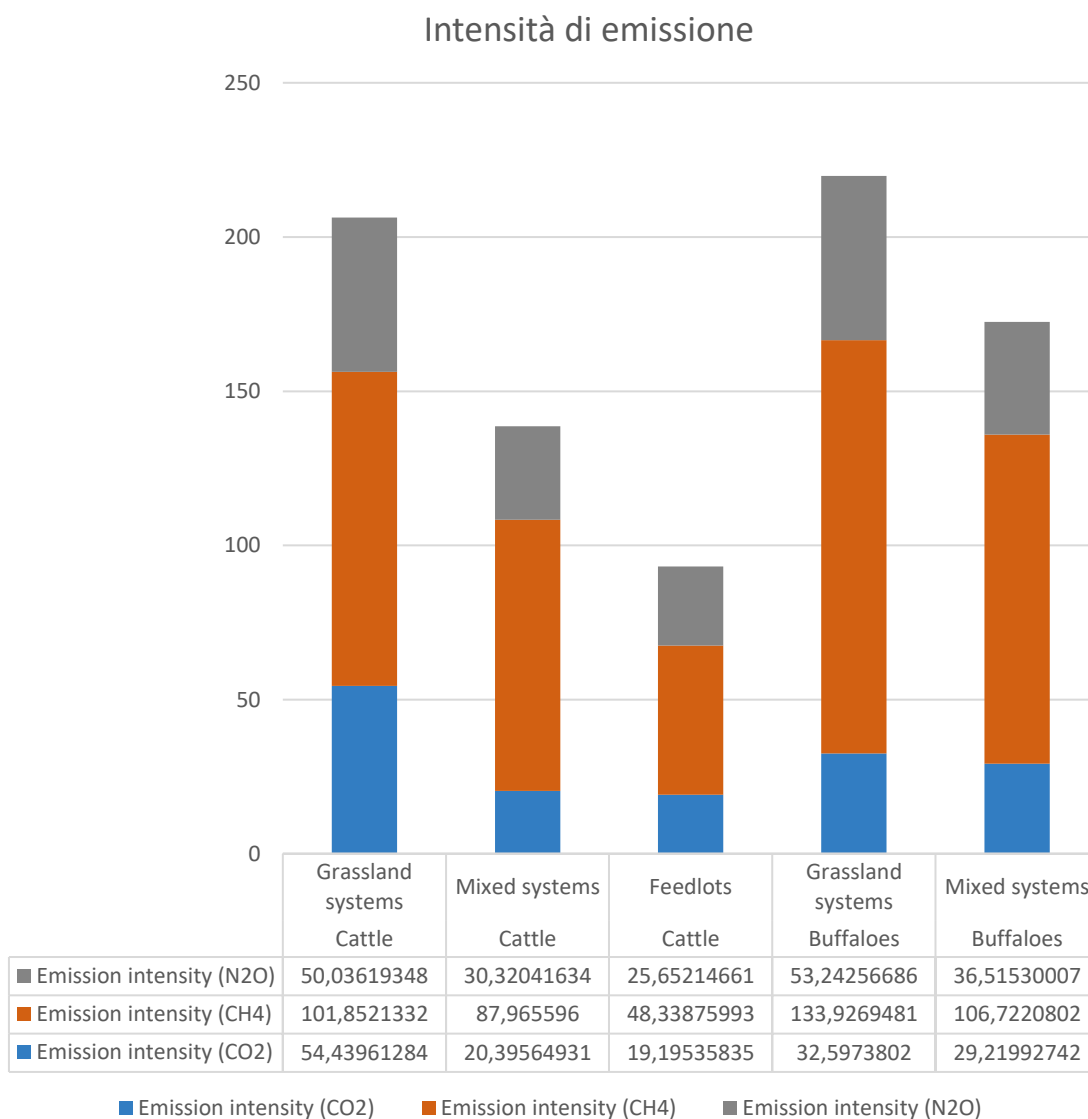


FIGURE 3-1 INTENSITÀ DI EMISSIONE NEI DIVERSI SISTEMI PRODUTTIVI (ELABORATA DALL'AUTORE SULLA BASE DEI DATI DEL GLEAM)

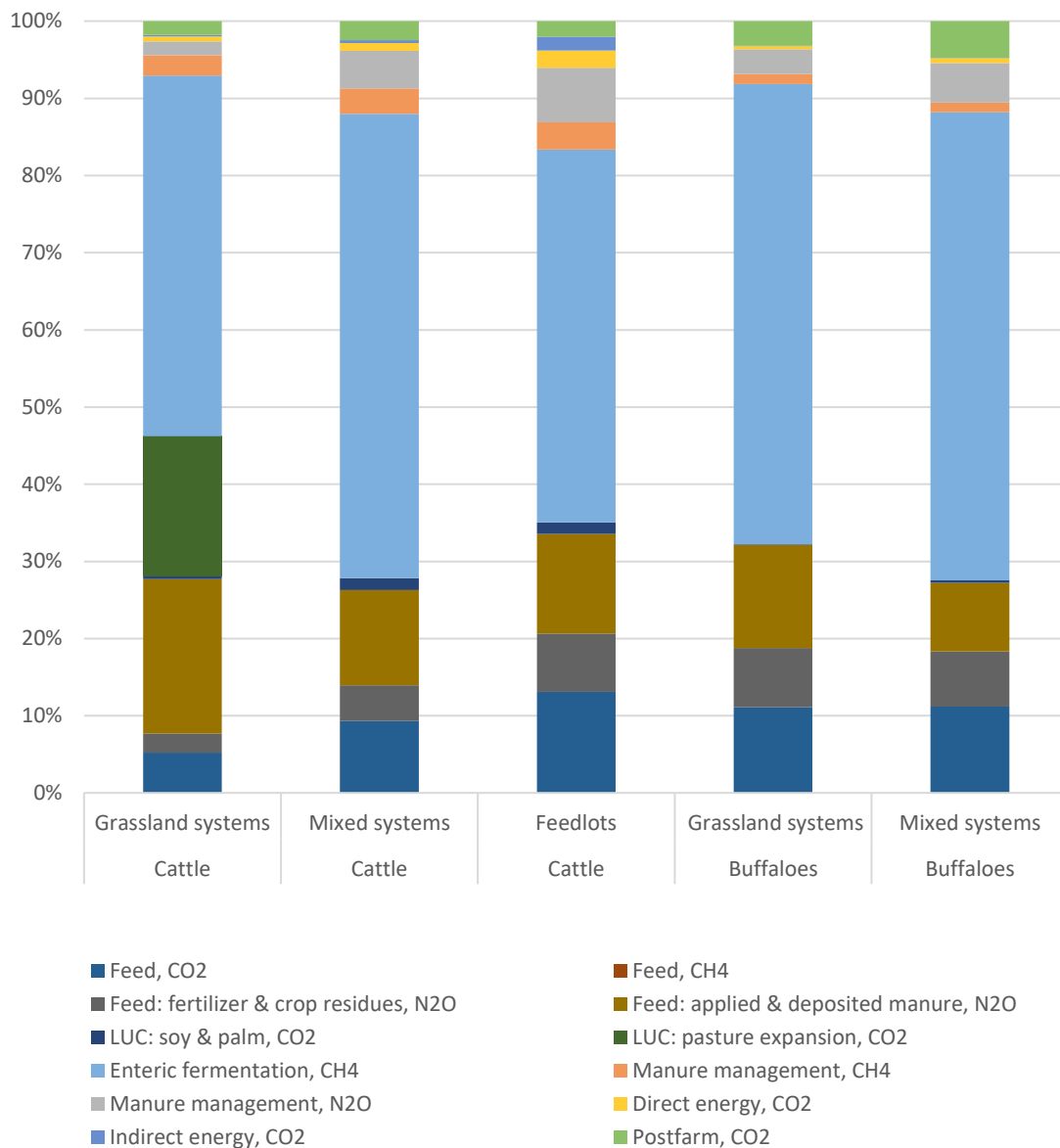


FIGURE 3-2 EMISSIONI DI GAS SERRA PER FONTE (ELABORATA DALL'AUTORE SULLA BASE DEI DATI DEL GLEAM)

Il rapporto tra quantità totale di gas serra emessa e quantità di output finale non è l'unico modo per calcolare l'intensità di emissione dei prodotti zootecnici; essa, infatti, può essere calcolata come rapporto tra le emissioni totali e la quantità di terreno utilizzato. Gli allevamenti estensivi, nonostante abbiano un carbon footprint maggiore quando è espresso in unità di prodotto, mostrano un'intensità di emissione in termini di unità di terreno più ridotta rispetto agli allevamenti intensivi. Questo è dovuto essenzialmente al fatto che vi sia un minore numero di animali per area. Tuttavia, anche in questa circostanza gli allevamenti estensivi presentano maggiori emissioni di metano in quanto mostrano una minore produttività rispetto agli allevamenti intensivi (Garnett, 2010).

CONCLUSIONE

Numerosi studi hanno dimostrato che il “surriscaldamento globale”, iniziato a partire dalla fine del XX secolo sia ormai innegabile; infatti, a partire da questo periodo si è assistito all’aumento della temperatura terrestre, ad una maggiore acidificazione degli oceani, all’innalzamento del livello dei mari, alla fusione dei ghiacciai montani e delle calotte glaciali, all’erosione della biodiversità, al cambiamento nella distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni. Per quanto riguarda le sue cause, la maggioranza delle ricerche che sono state svolte conduce a ritenere che la principale causa del cambiamento climatico sia l’aumento della quantità di gas serra prodotta dalle attività umane. La stima della quantità di gas serra emessa dai diversi settori economici risulta ancora molto difficile e, a seconda della metodologia che viene impiegata, i risultati possono essere molto differenti.

Dai diversi studi emerge che il settore zootecnico gioca un ruolo da non sottovalutare nelle emissioni dei gas climalteranti; i principali gas emessi dalla filiera zootecnica sono il metano e protossido d’azoto e derivano principalmente dalla fermentazione enterica, dalla gestione delle deiezioni e dalla produzione dei mangimi. Si evidenzia una grande eterogeneità di emissione all’interno di questo settore; infatti, la quantità di gas serra prodotta cambia notevolmente in base alla specie animale, alle pratiche di allevamento oppure alla tipologia di mangimi utilizzati.

Dal confronto dell’intensità di emissione dei diversi sistemi produttivi zootecnici, calcolata come rapporto tra quantità totale di gas serra emessi e quantità totale di output, è emerso che gli allevamenti pastorali presentano un impatto ambientale nettamente superiore rispetto agli altri due sistemi di allevamento presi in considerazione. Alcuni studi spiegano questo fatto con la tendenza alla riduzione dell’intensità di emissione all’aumentare della resa per animale; cioè dato che i sistemi zootecnici con alta produttività sono in grado con un minore numero di animali di offrire la stessa quantità di output di un sistema zootecnico con produttività inferiore presentano un minore impatto ambientale. La maggiore produttività dei sistemi di allevamento intensivi rispetto a quello pastorali dipende da diversi fattori, come il peso più elevato della macellazione, la minore età al parto, la riduzione dei tempi di macellazione e la minore mortalità e una migliore qualità dei mangimi.

Non vi è un unico modo per calcolare l’intensità di emissione dei prodotti zootecnici, essa, infatti, può essere calcolata anche in termini di quantità di gas serra emessa per unità di terreno utilizzato e, in questo caso, risulta che i sistemi di allevamento estensivi abbiano un minore

impatto ambientale rispetto agli allevamenti intensivi in quanto presentano un minore numero di animali per unità di terreno (Garnett, 2010).

Un aspetto da non sottovalutare nel confronto dei diversi sistemi produttivi è l'andamento della domanda dei prodotti zootecnici, infatti, se vi fosse un aumento della domanda di questi beni, come stimato, gli allevamenti intensivi, impiegando meno terreno, risulterebbero i sistemi produttivi più adatti a conciliare l'aumento della domanda con un minore impatto ambientale (Garnett, 2010).

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

A. & Tempio, G. F. G. P. J. S. H. H. B. M. A. O. C. D. J. F. (2013) *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and A, *Most*. Food and A. Edited by FAO.

Adger, N. and Coauthors including Fischlin, A. (2007) ‘Summary for policymakers’, *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*, (vii, 973), pp. 7–22. doi: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/spm.html.

‘antropocene in Vocabolario - Treccani’ (no date). Available at: http://treccani.it/vocabolario/antropocene_%28Neologismi%29/ (Accessed: 1 September 2020).

Causes / Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet (2018) NASA *Global Climate Change*. Available at: <https://climate.nasa.gov/causes/> (Accessed: 7 September 2020).

Cook, J. *et al.* (2016) ‘Consensus on consensus: A synthesis of consensus estimates on human-caused global warming’, *Environmental Research Letters*. IOP Publishing, 11(4). doi: 10.1088/1748-9326/11/4/048002.

Cristofaro, E. Di (2020) ‘Focus sulle emissioni da agricoltura e allevamento’.

Earth Science Communications Team (2018) *Climate Change: Vital Signs of the Planet: Sea Level, NASA*. Available at: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/> (Accessed: 8 August 2020).

Environmental Protection Agency (2019) *Sources of Greenhouse Gas Emissions, Climate Change*. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> (Accessed: 7 September 2020).

EPA (2016) ‘Overview of Greenhouse Gases Greenhouse Gas (GHG) Emissions US EPA’, p. Al-Homoud, M. S. (2001). Computer-aided building e. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> (Accessed: 1 September 2020).

FAO (2013) *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains*. Available at: <http://www.fao.org/docrep/018/i3461e/i3461e00.htm>.

FAO (2019a) *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM), Food and Agriculture Organization*. Available at: <http://www.fao.org/gleam/results/en/> (Accessed: 10 August 2020).

FAO (2019b) *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM), Food and Agriculture Organization*. Available at: <http://www.fao.org/gleam/results/en/> (Accessed: 31 August 2020).

FAO (no date) *A classification of livestock production system*. www.fao.org/DOCREP/V8180T. Available at: <http://www.fao.org/3/v8180t/v8180T0y.htm> (Accessed: 10 August 2020).

Garnett, T. (2010) 'Intensive versus extensive livestock systems and greenhouse gas emissions', *Food Climate Research Network*, (January), pp. 1–6. Available at: http://www.psicologa-roma.com/fileadmin/user_upload/cop-pld/items/10Garnett_FCRN_IntensiveVsExtensiveLivestockSystemsAndGreenhouseGases.pdf.

Greenhouse Gas Protocol (2015) *Global Warming Potential Values, Greenhouse Gas Protocol*. Available at: www.ipcc.ch (Accessed: 9 September 2020).

Grossi, G. *et al.* (2019) 'Livestock and climate change: Impact of livestock on climate and mitigation strategies', *Animal Frontiers*, 9(1), pp. 69–76. doi: 10.1093/af/vfy034.

ISPRA (2020) 'COMUNICATO STAMPA EMISSIONI GAS SERRA : A CAUSA DEL COVID , CONSISTENTE RIDUZIONE NEL 2020 (7 . 5 %)', p. 54756.

Jos G.J. Olivier and Jeroen A.H.W. Peters (2018) 'Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions: 2018 report | PBL Netherlands Environmental Assessment Agency', (December). Available at: <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2018-report>.

Latini, G., Orusa, T. and Bagliani, M. (2019) *LESSICO NUVOLE : le parole del cambiamento climatico*.

NASA (2019a) *Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet, National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Available at: <https://climate.nasa.gov/evidence/> (Accessed: 8 August 2020).

NASA (2019b) *Ice Sheets | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet, NASA Global Climate Change*. Available at: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/> (Accessed: 8 August 2020).

- NASA Earth Observatory (2010) *GLOBAL WARMING*. Available at: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page1.php> (Accessed: 7 September 2020).
- Northon, K. (2018) *Ramp-Up in Antarctic Ice Loss Speeds Sea Level Rise*. Available at: <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=7159> (Accessed: 8 August 2020).
- Pachauri, R. K. *et al.* (2014) *Ottmar Edenhofer (Germany), Ismail Elgizouli (Sudan), Christopher B. Field (USA), Piers, Mark Howden (Australia), Ipcc*. Gian-Kasper Plattner. Available at: <http://www.ipcc.ch>. (Accessed: 2 September 2020).
- Physical, T. and Basis, S. (2014) ‘Climate Change 2013 - The Physical Science Basis’, *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. doi: 10.1017/cbo9781107415324.
- Romano, D. (2020) ‘L ’ andamento delle emissioni nazionali di gas serra’.
- Scheda WaFS* (no date a). Available at: <http://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=143> (Accessed: 11 August 2020).
- Scheda WaFS* (no date b). Available at: <https://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=130> (Accessed: 1 September 2020).
- Séré, C. and Steinfeld, H. (1996) ‘World livestock production systems: Current status, issues and trends’, *Animal Production and Health Paper*, (127), p. 82.
- Studies, P. T. (2009) ‘Evaluation of the livestock sector ’ s contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) - Executive summary -’, *Change*, pp. 1–323. doi: 10.1016/j.encep.2013.05.004.
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2017) *Understanding Global Warming Potentials*, <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> Accessed. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> (Accessed: 24 August 2020).
- de Vries, M. and de Boer, I. J. M. (2010) ‘Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments’, *Livestock Science*. Elsevier B.V., 128(1–3), pp. 1–11. doi: 10.1016/j.livsci.2009.11.007.
- Zifei Liu, P. D. (2015) ‘Carbon Footprint of Livestock Production’, *Biological and Agricultural Engineering*, 141, pp. 1–4.