



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE

(DAFNAE)

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO

**ANALISI DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'ALLEVAMENTO DEL SUINO
PESANTE CON METODO LIFE CYCLE ASSESSMENT**

Relatore: Prof. Enrico Sturaro

Correlatore: Dott. Marco Berton

Laureanda: Paola Doro

1178200

Anno Accademico 2021/2022

INDICE:

Riassunto.....	I
Abstract.....	II
1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 Il comparto nazionale.....	1
1.2 Il comparto in Regione Veneto.....	2
1.3 Allevamento suinicolo e impatto ambientale.....	3
1.3.1 Effetto serra e riscaldamento globale.....	4
1.3.2 Ammoniaca.....	5
1.3.3 Nitrati.....	5
1.4 Normative in ambito ambientale applicate al settore zootecnico italiano.....	6
1.5 La valutazione dell'impatto ambientale: metodo Life Cycle Assessment.....	7
2. OBIETTIVO.....	11
3. MATERIALI E METODI.....	13
3.1 Definizione dell'obiettivo e dei parametri.....	13
3.2 Inventario.....	15
3.3 Valutazione impatto.....	18
3.4 Interpretazione.....	18
4. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	19
5. CONCLUSIONI.....	31
BIBLIOGRAFIA.....	33

RIASSUNTO

Il settore suinicolo italiano è principalmente focalizzato sull'allevamento del suino pesante utilizzato per la tipica produzione del prosciutto crudo stagionato (DOP).

Lo studio ha l'obiettivo di valutare l'impatto ambientale degli allevamenti di suino pesante nell'ambito della Regione Veneto andando a definire i valori di gas climalteranti e di ammoniaca delle aziende produttrici attraverso l'analisi del ciclo di vita (LCA).

La raccolta dati, eseguita mediante somministrazione di un questionario agli allevatori, ha portato ad una successiva fase di analisi statistica ed elaborazione, con software Microsoft Excel, di alcuni indicatori di impatto ambientale quali: potenziale di riscaldamento globale, potenziale di acidificazione e di eutrofizzazione.

Gli allevamenti da riproduzione e i centri di ingrasso coinvolti nello studio sono stati inizialmente analizzati separatamente e poi combinati in modo da ottenere una fotografia d'insieme, farm to gate, dell'intera produzione del suino pesante. Dall'analisi complessiva si ha un impatto ambientale di 1 kg di incremento di peso corporeo pari in media a 3.0 kg CO₂-eq, 61 g SO₂-eq e 20 g PO₄-eq rispettivamente di emissione di gas serra, potenziale di acidificazione e di eutrofizzazione.

L'analisi ha permesso di evidenziare margini di miglioramento degli impatti ambientali in entrambe le tipologie di allevamento e di valutare l'efficacia di alcune misure di mitigazione.

Abstract

Italian pig sector is mainly focused on the breeding of the heavy pig used for the typical dry-cured hams production (PDO).

The study aims to evaluate the environmental impact of heavy pig farms in Veneto by defining the values of greenhouse gases and ammonia of the farms through the analysis of the life cycle (LCA).

The data collection, collected through personal interview with farmers, led to a subsequent phase of statistical analysis and processing, with Microsoft Excel software, of some environmental impact indicators such as: global warming potential, acidification, eutrophication.

The breeding piggeries and growing-fattening piggeries involved in the study were initially analysed separately and then combined to obtain an overview, farm to gate, of the entire heavy pig production. From the overall analysis there is an environmental impact of 1 kg of live weight gain was 3.0 kg CO₂-eq, 61 g SO₂-eq, 20 g PO₄-eq for greenhouse gases, acidification, eutrophication respectively.

The analysis highlights margins for improvement of the environmental impacts in both types of farming and evaluates the effectiveness of some mitigation measures.

1. INTRODUZIONE

1.1 Il comparto nazionale

Il settore suinicolo italiano presenta caratteristiche e destinazioni produttive che si discostano notevolmente da quelle caratterizzanti gli altri Paesi europei. La produzione italiana è principalmente indirizzata verso l'allevamento del suino pesante destinato alla produzione di salumi e di prosciutto stagionato di alta qualità, prevalentemente inserito in filiere certificate con marchio di Denominazione d'Origine Protetta (DOP). A tal fine, la macellazione in Italia avviene ad un peso vivo (PV) del suino, nato ed allevato nel territorio nazionale, che si aggira intorno ai 160-170 kg e ad un'età pari a 9 mesi, nel rispetto dei disciplinari dei consorzi del prosciutto. Nel resto d'Europa, invece, la produzione è rivolta alla produzione del suino leggero, macellato a peso inferiore (120 kg circa) e indirizzato alla vendita di carne fresca in cui sono maggiormente apprezzati i tagli magri. Nel contesto europeo, i maggiori produttori di suini in Europa sono Germania, Spagna e Francia. L'Italia risulta settima per volume di carne prodotta ma vanta il primato europeo dei prodotti a base di carne suina con indicazione geografica, con 22 DOP e 16 IGP (Indicazione Geografica Protetta) (ANAS, 2021).

Nell'ultimo decennio, come riportato nell'annuale report ANAS, si è assistito uno spostamento da parte del comparto produttivo italiano verso la produzione a marchio DOP-IGP, che oggi si attesta a circa l'80% della produzione totale. Contemporaneamente, gli allevamenti si sono progressivamente concentrati nell'Italia settentrionale, dove vengono allevati poco meno del 90% dei suini nazionali, che a fine 2020 sono stati pari a 8.543.030 (+0.4% sull'anno precedente), di cui 58.550 scrofe (+2.3%). La produzione annuale di suini nati e allevati in Italia si è attestata a circa 10 milioni di capi, in flessione rispetto all'anno precedente del 6.8%. (ANAS 2021).

Gli ultimi anni hanno visto l'aggiornamento dei disciplinari di importanti consorzi quali, quello del Prosciutto di Parma e Prosciutto San Daniele. Questi strumenti hanno l'obiettivo di regolamentare le modalità di ottenimento di un determinato prodotto, nel rispetto di definiti requisiti produttivi e commerciali, con i quali è possibile associare il prodotto alla specifica denominazione cui si riferisce il disciplinare stesso. Essi consentono di valorizzare una produzione che rispetta specifiche operazioni, di tracciare le fasi produttive e di fornire ai consumatori un prodotto con caratteristiche note e trasparenti. L'ulteriore introduzione dell'obbligo di indicazione dell'origine, anche per i prodotti trasformati di carni suine, offre l'apertura a nuove prospettive di sviluppo per la suinicoltura italiana. Questo nuovo scenario potrebbe favorire sia la ripresa della produzione di suini italiani per l'industria nazionale, con minore ricorso ad approvvigionamento estero, sia lo stabilirsi di un nuovo equilibrio dell'offerta per il circuito DOP con conseguente miglioramento della specializzazione e aderenza ad indirizzi produttivi diversificati tra gli allevamenti DOP e gli altri.

Per quanto riguarda l'organizzazione dell'allevamento dei suini in Italia, diverse tipologie possono essere identificate:

- A ciclo aperto, in cui si operano una o più fasi produttive:
 - Sito 1: aziende ospitanti scrofe e si concentrano nella gestione riproduttive delle stesse al fine di produrre suinetti da portare a svezzamento (circa 7 kg PV)
 - Sito 2: aziende che acquistano i suinetti svezzati, i quali sono poi venduti a circa 30 kg PV verso i centri di ingrasso;
 - Sito 3: centri di ingrasso che acquistano suinetti a 30 kg PV e che operano il ciclo di ingrasso per l'ottenimento di suini a peso di macellazione utile alla produzione di prodotti stagionati.
- A ciclo chiuso: l'azienda opera tutte le fasi produttive che caratterizzano i siti 1,2 e 3.

Solo un terzo degli allevamenti produce nell'azienda stessa gli alimenti componenti la razione destinata ai propri animali. Infatti, si osserva un maggior utilizzo di mangimi industriali, in quanto presentano minori problematiche in termini di resa e una maggiore garanzia di qualità e di sicurezza igienico-sanitaria. Inoltre, oggi risulta in crescita il legame tra la parte a valle e quella a monte della fase produttiva, cioè tra le industrie mangimistiche e gli allevamenti tramite il contratto di soccida (Veneto Agricoltura, 2020).

1.2 Il comparto in Regione Veneto

Nel settore suinicolo italiano si nota una forte concentrazione dei capi allevati nell'area della Pianura Padana, vedendo coinvolte principalmente la Lombardia, l'Emilia-Romagna, il Piemonte e, parzialmente, il Veneto. Nella sola Lombardia è presente la metà del patrimonio suinicolo nazionale, l'Emilia-Romagna contribuisce per il 15% circa, seguita dal Piemonte (13%). Il Veneto si assesta al 7.5%. Le regioni settentrionali totalizzano quasi il 90% del patrimonio produttivo nazionale.

La regione Veneto è quarta per produzione suinicola nazionale rientrando nell'area di produzione della filiera a denominazione d'origine (DOP). Secondo i dati registrati in Anagrafe Zootecnica (BDN), riportati nella relazione annuale da Veneto Agricoltura, a fine 2020, in Veneto, sono allevati circa 682 mila capi suddivisi in 1502 allevamenti, senza contare gli allevamenti definiti "familiari", il cui numero è piuttosto rilevante e pari a circa 7400 unità ma che raccolgono un numero molto basso di capi e può essere trascurato a fini statistici.

Tra le sette province venete quelle a maggior produzione suinicola, per numero di capi allevati, sono: Verona con il 43% dei capi allevati a livello regionale, seguita da Treviso con una produzione annuale pari al 17.8% e Padova che risulta contribuire al 15.4%. Per orientamento a ciclo aperto Rovigo e Treviso presentano la percentuale più alta della media regionale in cui si ha una certa specializzazione nella produzione di lattonzolo, mentre per l'ingrasso dominano Vicenza e Belluno.

Secondo l'ultimo report di Veneto Agricoltura, basato su dati BDN rappresentativi del dato industriale ed informativi, non solo della produzione interregionale ma anche dell'origine dei capi destinati alla

macellazione, rivela che in Veneto nel 2020 sono stati mandati al macello 779.049 capi, dei quali solo 189.208 capi (ovvero il 24.3%) viene macellato in regione. Da ciò ne deriva che la maggioranza dei capi prodotti vengano macellati fuori dal Veneto ed in particolare sono indirizzati alla vicina Lombardia ed Emilia-Romagna per un 65%, mentre il rimanente 10% va in altre regioni, tra cui il Trentino-Alto Adige, Abruzzo e Campania.

In Veneto, come nelle altre regioni italiane, arrivano capi destinati al macello provenienti da altre regioni. Qui sono destinati il 21% della produzione suinicola della Lombardia, altro contributo deriva dal Piemonte, dall'Emilia-Romagna e dal Friuli-Venezia Giulia con un apporto complessivo del 20%, cui si deve aggiungere l'importazione estera rappresentata da Germania e Olanda (13%). Osservando i dati di macellazione degli ultimi quattro anni, in Veneto si nota una tendenza negativa con una perdita del 10% circa, passando da 862 mila capi del 2017 ai 779 mila del 2020. Complice del calo riscontrato nel 2020 è stata la pandemia di Covid-19, che a livello regionale ha contribuito ad una contrazione del 3.5% contrariamente al calo nazionale che ha superato il 10%.

1.3 Allevamento suinicolo e impatto ambientale

La crescente sensibilità dell'opinione pubblica verso le tematiche del cambiamento climatico e più in generale la sostenibilità ambientale delle produzioni animali ha fatto emergere la necessità da parte del settore suinicolo, così come degli altri settori zootecnici, di attuare strategie di mitigazione del proprio impatto ambientale. Infatti, diversi studi internazionali e di ampio respiro hanno evidenziato come il settore zootecnico possa incidere negativamente su diversi ambiti ambientali, quali la qualità dell'aria e delle acque, la conservazione del suolo, della biodiversità e del paesaggio (FAO, 2006).

Tra le principali preoccupazioni di tipo ambientale associate alle produzioni animali vi sono le emissioni di gas climalteranti (GHG, *greenhouse gases*), di ammoniaca (NH_3) e di nitrato (NO_3). I primi sono così definiti poiché sono in grado di trattenere le radiazioni terrestri provocando il riscaldamento del globo e della bassa atmosfera incidendo negativamente sul clima globale. I principali responsabili sono: l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4), il protossido di azoto (N_2O). L'ammoniaca, d'altra parte, agisce in modo negativo in più ambiti, come precursore di N_2O e come elemento coinvolto nei meccanismi associati alla formazione delle piogge acide e del particolato atmosferico fine $\text{PM}_{2.5}$. Il nitrato, infine, concorre ai fenomeni di eutrofizzazione dei corpi d'acqua superficiali tramite scorrimento superficiale dell'acqua ricca in questa sostanza, determinando un aumento della concentrazione di nutrienti, la conseguente proliferazione di alghe e la successiva ipossia dell'acqua a seguito del consumo di ossigeno nella degradazione delle alghe morte e di inquinamento dei corpi idrici sotterranei tramite lisciviazione.

1.3.1 Effetto serra e riscaldamento globale

Per comprendere l'effetto dei gas climalteranti è importante sapere che ogni gas contribuisce al riscaldamento globale in maniera differente, in funzione della concentrazione in atmosfera e delle sue proprietà circa l'interazione con la radiazione elettromagnetica. È possibile comparare l'effetto dei gas serra tra loro mediante l'uso di opportuni coefficienti di potenziale di riscaldamento, GWP (*global warming potential*), espressi in equivalenti di CO₂ (CO₂-eq), esprimendo in tal modo il contributo che ha un singolo gas serra rapportato all'effetto della CO₂, cui è attribuito un potenziale di riferimento pari a 1.

Secondo i dati FAO (Gerber et al., 2013) nella produzione complessiva dei GHG di origine antropica le attività zootecniche incidono per il 14.5%. La maggior parte delle emissioni è rappresentata dalle produzioni bovine cui l'allevamento suinicolo contribuisce per il 9% alle emissioni totali del settore.

Anidride carbonica

L'anidride carbonica è il principale gas serra presente in atmosfera, tra quelli di interesse zootecnico, con una concentrazione pari a circa 417 ppm (parti per milione) (NOAA, 2021). L'emissione antropogenica di questa sostanza è per lo più legata all'uso di combustibili fossili, il cui prodotto ultimo di combustione, in presenza di ossigeno, è proprio CO₂. Tale sostanza è anche il prodotto ultimo del metabolismo di tipo aerobio degli esseri viventi (animali, piante, funghi...), ma tale fonte biogenica non è considerata ai fini delle valutazioni circa la sostenibilità dei sistemi agro-zootecnici in quanto essa non costituisce un incremento netto di CO₂ in atmosfera, essendo le quantità emesse, sul lungo periodo, esattamente uguali a quelle prelevate dalle piante nel processo di fotosintesi. Il contributo derivante dal settore zootecnico è legato in particolar modo all'uso di combustibili fossili direttamente in azienda (distribuzione alimenti, ventilazione, ...) e indirettamente alla produzione degli alimenti destinati agli animali e al trasporto dei diversi input. Altro aspetto che comporta indirettamente un impatto sui flussi di carbonio in atmosfera è il cambio di destinazione d'uso di un suolo, cioè la conversione di terreni non agricoli in seminativi o in pascoli, che comporta la riduzione della riserva di carbonio nel suolo (IPCC, 2014).

Metano

Il metano è il secondo gas responsabile dell'incremento dell'effetto serra causato dalle attività antropiche. Infatti, seppur presente in minor concentrazione – 1900 ppb (parti per miliardo) (NOAA, 2021) - possiede un potere di riscaldamento globale, GWP, notevolmente superiore (IPCC, 2013) pari a 28 volte quello della CO₂. Il metano deriva dalla decomposizione della sostanza organica in condizioni anaerobiche derivanti da molti processi sia naturali che antropici. Si calcola che circa la metà del metano emesso nell'atmosfera sia prodotto proprio da quest'ultimi (IPCC, 2001). Tra le principali fonti troviamo: la fermentazione delle risaie, le discariche, la combustione di biomasse, l'attività di estrazione di carbone.

La filiera zootecnica costituisce il 44% delle emissioni di metano di origine antropogenica. (Gerber et al., 2013). Il metano derivato dall'attività di allevamento è principalmente emesso dalle fermentazioni ruminali

negli animali ruminanti (in misura molto minore anche dall'intestino cieco nei monogastrici) e dalla degradazione della sostanza organica presente nelle deiezioni animali (Gerber et al., 2013).

Protossido di azoto

Il protossido di azoto presenta la minore concentrazione atmosferica tra i gas ad effetto serra di interesse zootecnico – 334 ppb (NOAA, 2021) – ma è quello con la maggiore capacità di determinare un aumento di energia trattenuta in atmosfera, 265 volte rispetto alla capacità di CO₂. La formazione di N₂O avviene in molti settori: agro-zootecnici, industriali e di trattamento rifiuti, ma il meccanismo è uguale in tutti i contesti essendo essa legata ad una serie di reazioni chimico-biologiche raggruppate nel termine nitrificazione-denitrificazione. Il contributo della zootecnia nell'emissione di protossido di azoto è rilevante e viene stimato essere il 53% di quello attribuibile ad attività antropica (Gerber et al., 2013). Tale emissione è in massima parte legata alla gestione e distribuzione dei reflui zootecnici e alla distribuzione dei fertilizzanti chimici azotati, soprattutto in presenza di condizioni alternate tra aerobiche e anaerobiche (Gerber et al., 2013).

1.3.2 Ammoniaca

L'ammoniaca è una sostanza, a temperatura ambiente sottoforma di gas, che presenta un notevole profilo circa il suo potenziale impatto non solo sui sistemi ambientali ma anche sull'uomo (è irritante e tossico). Si può formare sia per via inorganica che come prodotto del metabolismo microbico. Tra le diverse vie di azione, l'ammoniaca è precursore del N₂O, è tra i maggiori imputati nella formazione del PM fine, estremamente dannoso per la salute umana, ed è un precursore dell'acido nitrico che contribuisce al fenomeno di acidificazione dei suoli ed eutrofizzazioni delle acque per deposizione umida e/o secca.

Le emissioni di ammoniaca provengono soprattutto dall'agricoltura ed in particolar modo dallo stoccaggio e uso agronomico di reflui zootecnici e fertilizzanti azotati: il 93% delle emissioni totali di ammoniaca in Europa deriverebbero dall'agricoltura e si stima che i due terzi (64%) delle emissioni ammoniacali di origine antropica siano legate al settore zootecnico (EEA, 2019). Alla zootecnia vengono anche attribuite le emissioni di ammoniaca derivate dall'uso di fertilizzanti chimici per le colture destinate alla razione del bestiame.

1.3.3 Nitrati

I nitrati, particolarmente mobili nel suolo, possono contaminare le acque superficiali per scorrimento a seguito di spandimento, errato o eccessivo, dei reflui sul terreno. Per limitare tali situazioni è necessario che la gestione agronomica dei reflui zootecnici avvenga in modo oculato e basata sulla conoscenza delle caratteristiche del refluo, della pedologia del terreno, del rispetto delle modalità e quantità da distribuire per unità di superficie (ISPRA 2020). Altro apporto di nitrati in ambiente è ricoperto dall'ampio uso in agricoltura di fertilizzanti organici o chimici che contribuiscono all'inquinamento delle falde acquifere. L'azoto presente in eccesso viene perso per percolazione, principalmente sottoforma di nitrato, ed è responsabile dell'eutrofizzazione delle acque, assieme al fosforo, per la sua elevata solubilità.

1.4 Normative in ambito ambientale applicate al settore zootecnico italiano

Il settore zootecnico è soggetto a una serie di normative di stampo europeo ed italiano al fine di minimizzare l'azione negativa che il settore potenzialmente può avere sui sistemi ambientali. Tale normativa si basa sui principi europei di precauzione, di azione preventiva, della correzione alle fonti dei danni causati dall'inquinamento e del principio del "chi inquina, paga".

Le prime azioni volte alla protezione e prevenzione dell'inquinamento delle acque da nitrati da fonte agricola rientrano nel quadro normativo europeo 676/91 CEE - **Direttiva Nitrati**. Essa viene recepita in Italia col D. Lgs 152/99 e successivo D.M. 152/2006 in cui vengono stabiliti i criteri e le norme tecniche delle attività di utilizzazione agronomica e della gestione degli effluenti e acque reflue di origine zootecnica in ottemperanza agli obblighi comunitari. Nella Direttiva vengono identificate delle aree definite "zone vulnerabili" ad inquinamento da nitrati, riviste ogni quattro anni che, per le proprie caratteristiche e peculiare sensibilità ambientale (tessitura, pendenza, presenza di sorgenti, permeabilità del terreno), hanno un limite quantitativo massimo ammissibile di azoto di origine zootecnica per anno pari a 170 kg N/ha. Nelle aree così definite si prevede l'adozione di programmi d'azione per limitare l'inquinamento e la definizione di "codici di buona pratica agricola" in cui vengono stabilite disposizioni d'uso di fertilizzanti, di reflui zootecnici e loro stoccaggio. La Regione Veneto con D.G.R. 2439/2007 in base alla normativa nazionale consente agli allevatori di compilare un bilancio aziendale dell'azoto che permette di determinare la superficie necessaria per lo spandimento dei reflui. Un bilancio specifico della singola realtà aziendale così condotto consente all'allevatore di poter applicare tecniche di allevamento a minor impatto ambientale riducendo l'emissione di nutrienti.

In tema di prevenzione, riduzione e futura eliminazione di emissioni in atmosfera, derivante da attività industriale, nasce la **Direttiva IED -Industrial Emission Directive-** 75/2010, recepita a livello nazionale dal D. Lgs 46/2014, nella quale vengono comprese anche le norme per il riesame dell'autorizzazione ambientale integrata (AIA). Quest'ultima definisce tutte le misure da attuare per garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente, fissa dei valori limite di emissione per le sostanze inquinanti e parametri adeguati alla protezione del suolo e delle acque sotterranee; viene rilasciata con l'obbligo di attuare le migliori tecniche disponibili (BAT). Per quanto riguarda la suinicoltura, le BAT, aggiornate in funzione dei progressi tecnologici, vanno applicate agli allevamenti intensivi aventi più di 2000 posti per suini da produzione (oltre 30 kg) o con più di 750 scrofe e riguardano le attività svolte all'interno dell'azienda, dall'allevamento in generale alla gestione degli effluenti.

Nel 2016 si è aggiunta la **Direttiva NEC -National Emission Ceiling-** 2016/2284 recepita in Italia dal D. Lgs 81/2018 che mira alla riduzione, a livello nazionale, di alcuni inquinanti di origine antropogenica in atmosfera come SO₂, NO_x, NH₃, PM_{2.5}. Ciò rende necessaria l'elaborazione e successiva attuazione di programmi a livello nazionale di controllo e monitoraggio dell'inquinamento atmosferico. Gli Stati europei hanno elaborato perciò un "codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole" per verificare le emissioni di NH₃ derivanti dai sistemi di stoccaggio e spandimento del letame, dall'alimentazione e stabulazione dei capi.

A livello nazionale si è provveduto alla redazione di linee guida, accordi quadro e interventi normativi a carattere interregionale, tra cui l'**Accordo di Bacino Padano** tra Ministero per l'Ambiente e Regioni a maggior vocazione zootecnica e agricola, quali: Lombardia, Piemonte, Veneto ed Emilia-Romagna, dove si sottoscrive l'impegno di adottare misure congiunte per il miglioramento della qualità dell'aria attraverso delle strategie a breve- medio- lungo termine. In tale contesto, la zootecnia risulta contribuire alla formazione del particolato secondario derivante, ad esempio, dall'ossidazione degli idrocarburi e ricombinazione dei composti a base di azoto e zolfo. Le misure applicabili dalle attività zootecniche, mirando al contenimento di NH₃, si rivolgono alla gestione degli stoccaggi dei liquami cui segue un corretto spandimento ed interrimento dei reflui.

Il ministero delle Politiche Agricole (MIPAAF), per favorire una riduzione delle emissioni atmosferiche, ha predisposto delle linee guida fornendo indicazioni tecniche che consentano alle amministrazioni dell'Accordo di Bacino Padano di attuare gli interventi rivolti alla diminuzione delle emissioni senza però tralasciare la Normativa Ambientale e di settore, circa la salute e il benessere animale, nonché la sicurezza sul lavoro per l'abbattimento dell'ammoniaca derivante sia da agricoltura che da allevamento. A tal fine propone due linee guida suddividendole in azioni di riduzione "a monte", rivolte alla riduzione delle emissioni di metano enterico, e di contenimento "a valle", per limitare le emissioni di azoto prodotto.

La suinicoltura italiana ha raccolto la sfida di ridurre le emissioni di ammoniaca e di PM rispettivamente del 16% e del 40% al 2030 (NEC) e tra le iniziative adottate, in corso di continuo perfezionamento, quelle che possono assicurare un significativo contributo sono: l'ottimizzazione delle razioni alimentari, con la riduzione dell'apporto proteico (*precision feeding*), ed il miglioramento genetico dell'efficienza produttiva del suino pesante.

Se la zootecnia ha accolto tale sfida significa che si intravedono dei margini di miglioramento per diminuire il proprio impatto ambientale derivante da emissioni di gas in atmosfera. Si è già a conoscenza, grazie a studi precedenti, che un intervento nella somministrazione di diete formulate *ad hoc* per la fase di vita del suino comporta, non solo delle migliorie in termini di efficienza produttiva ma contribuisce alla diminuzione della produzione e successiva emissione di gas in atmosfera, a ciò andrebbe aggiunta una migliore gestione dei reflui zootecnici anche in riferimento alla direttiva nitrati in base alla zona di vulnerabilità cui risiede l'allevamento nonché il relativo stoccaggio. In tal senso si richiedono delle strategie da sviluppare e testare nelle differenti realtà produttive che siano in grado di mitigare l'impatto climalterante delle attività zootecniche.

1.5 La valutazione dell'impatto ambientale: metodo Life Cycle Assessment

Il Life Cycle Assessment (LCA) è una metodologia che permette lo studio integrato dell'impatto ambientale legato al ciclo di vita di un prodotto, merce o servizio, applicando un approccio "dalla culla alla tomba": dall'estrazione e la lavorazione delle materie prime necessarie per ottenere il prodotto fino allo smaltimento dello stesso. Il metodo è standardizzato e applicabile a diverse filiere produttive e categorie merceologiche

secondo quanto stabilito dalle norme ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006) ed è attualmente raccomandato dalle pubbliche istituzioni per esprimere le performance ambientali. (Commissione Europea, 2016).

La ISO 14040:2006 definisce l'analisi LCA come una "compilazione e valutazione degli input, output e dei potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotti durante tutto il suo ciclo di vita". In altre parole, fornisce modelli di processo quantitativi, confermabili e gestibili per valutare i processi di produzione, analizzare le opzioni per l'innovazione e migliorare la comprensione di sistemi complessi (FAO, 2016).

L'analisi LCA è un valido strumento di supporto per identificare, quantificare e valutare gli impatti ambientali di un prodotto o servizio individuando i punti deboli nelle differenti fasi che compongono il suo ciclo di vita e le opportunità di miglioramento. In tal modo si ha un'informazione utile non solo in termini ambientali a supporto di un processo decisionale per la pianificazione di strategie volte a mitigarne l'impatto, ma offre anche un metro di paragone tra prodotti con la medesima funzione.

I principali punti di forza del metodo LCA risiedono nella sua capacità di fornire una valutazione globale dei processi produttivi, riuscendo a identificare le misure che si limitano a spostare i problemi ambientali da una fase all'altra del ciclo di vita (MacLeod et al., 2013). Tale valutazione è riconosciuta come una delle metodologie più complete e ampiamente utilizzate per la valutazione dell'impatto ambientale di prodotti e processi (FAO, 2016).

La sua applicazione ai sistemi agricoli è spesso complicata dalla natura multipla della produzione (es. carne, letame, alcuni sottoprodotti della macellazione), ciò implica che l'impatto ambientale totale della produzione deve essere ripartito tra le varie uscite utilizzando l'espansione o l'allocazione del sistema (MacLeod et al., 2013).

Uno studio LCA consta di quattro fasi:

- 1) Definizione dell'obiettivo e dell'ambito di applicazione

In questa fase preliminare viene descritto il sistema preso in considerazione, elencando le categorie da sottoporre allo studio. La definizione del campo di applicazione comporta l'approfondimento delle seguenti tematiche: funzioni del sistema prodotto, unità funzionale, confini del sistema e qualità dei dati.

Il sistema prodotto è definito come l'insieme elementare di unità di processo, connesse tra loro per quanto riguarda materia ed energia, che perseguono una o più funzioni definite (UNI EN ISO 14040). Esso è suddiviso in unità di processo, ciascuna delle quali include tutte le attività relative ad una singola o ad un gruppo di operazioni.

L'unità funzionale indica il prodotto, il servizio o la funzione su cui impostare l'analisi rappresentando l'unità di misura del nostro studio cui tutti gli input e output saranno normalizzati.

I confini del sistema rappresentano le unità di processo che vanno incluse nella LCA. Normalmente per delinearli vanno considerati: i flussi in ingresso ed in uscita, l'acquisto di materie prime, il processo di

fabbricazione, l'uso e la produzione di energia e di combustibili, l'uso e la manutenzione del prodotto ed infine il riciclo o gestione dei rifiuti.

L'analisi LCA richiede che i dati raccolti siano qualitativamente corretti per discutere la rappresentatività degli stessi.

2) Inventario del ciclo di vita (LCI, life cycle inventory).

La seconda fase di lavoro dell'LCA è costituita dall'acquisizione e organizzazione di tutti gli input (consumo di energia e di materiali) e output (prodotti, emissioni in aria e in acqua, rifiuti generati), sia produttivi che di impatto, osservati in relazione alle singole fasi destinate alla produzione di un prodotto e all'insieme delle attività interne ai confini del sistema.

Questa fase è la più delicata per l'analisi LCA per formulare la corretta valutazione del ciclo di vita poiché solo se l'inventario è impostato in maniera corretta è possibile giungere a proporre, eventualmente, i miglioramenti ambientali più adeguati. Per la raccolta dati è necessario conoscere in modo dettagliato e completo tutte le unità di processo del sistema.

Il problema dell'allocazione, ovvero la ripartizione allo studio dei flussi in entrata e in uscita di unità di processo, si ha nel momento in cui il processo industriale ha più di un prodotto e ricicla i prodotti intermedi o di scarto come fossero materie prime. Pertanto, i flussi di materia ed energia devono essere allocati ai differenti prodotti secondo procedure ben definite.

3) Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA, life cycle inventory assessment).

La terza fase ha lo scopo di identificare e quantificare le categorie di impatto rilevanti trasformando ciascun flusso di sostanza dell'inventario in un contributo all'impatto ambientale. Tale valutazione evidenzia l'entità delle modificazioni ambientali derivate da emissione e consumo di risorse derivanti dalla produzione.

L'impatto viene quantificato attraverso dei fattori di caratterizzazione in modo da inserire gli effetti ambientali all'interno delle categorie prescelte uniformando gli output ad una stessa unità di misura, propria della categoria di impatto che li ricomprende (esempio: i singoli gas climalteranti sono riportati alla comune unità di misura CO₂-eq). Dalla caratterizzazione deriva il "profilo ambientale" per ogni categoria che generalmente viene rappresentato, in modo più analitico, mediante un istogramma a barre.

4) Interpretazione dei risultati.

Al termine dell'analisi LCA si giunge alla traduzione e all'interpretazione dei risultati derivati dallo studio verificando il raggiungimento: degli obiettivi fissati inizialmente, della qualità dei dati e i limiti del sistema

2. OBIETTIVO

La tesi è inserita all'interno di un progetto di ricerca che mira a identificare le fonti di emissione di gas serra e ammoniacale legate ai principali sistemi zootecnici del Veneto, e a proporre strategie di mitigazione (Progetto MITIGATIONS: Strategie gestionali innovative finalizzate a mitigare l'emissione di gas climalteranti e ammoniacale del comparto agro-zootecnico, Misura 16.1 e 16.2 PSR Veneto 2014-2020).

L'obiettivo specifico della tesi è di valutare l'impatto ambientale associato alla produzione del suino pesante nella pianura veneta tramite metodologia LCA, considerando un approccio farm-gate (dalla nascita alla vendita al macello), e di identificare le fasi produttive maggiormente impattanti. A tal fine si sono considerati gli impatti legati all'allevamento da riproduzione (sito 1 e sito 2) e al centro di ingrasso (sito 3).

3. MATERIALI E METODI

In letteratura sono disponibili diversi lavori che hanno previsto l'applicazione del metodo LCA per la valutazione dell'impatto ambientale di sistemi e/o prodotti zootecnici, la maggior parte dei quali ristretti alla fase agricola non considerando la macellazione e la lavorazione (Pirlo et al., 2016).

I fabbisogni nutrizionali (in particolare il rapporto energia/proteine) e le formulazioni dei mangimi dei suini pesanti sono molto diversi da quelli dei suini più giovani e leggeri prodotti in tutto il mondo e questa specificità può influenzare il carico ambientale perché l'efficienza alimentare e il peso corporeo sono inversamente correlati (Della Casa et al., 2009).

3.1 Definizione dell'obiettivo e dei parametri

Per lo studio LCA associato alla produzione del suino pesante si è utilizzato un approccio di tipo attribuzionale, con l'obiettivo di avere una fotografia del settore e della sua impronta ambientale. Come unità di riferimento selezionata per il modello LCA è stata selezionata la singola azienda, dove si è proceduto alla raccolta dati con lo scopo di comprendere la tipologia di allevamento e informazioni circa la conduzione delle attività e della gestione aziendale sulla base di un questionario. Lo studio dell'allevamento di suino pesante è rivolto a comprendere le fasi di produzione dei suinetti e di accrescimento-ingrasso. Per la singola categoria produttiva, i confini del sistema comprendono le attività relative alle fasi di alimentazione e allevamento dei suini. Nel caso della scrofaia i confini delineati vanno dalla nascita alla vendita del suinetto a 30 kg, mentre nel centro d'ingrasso i confini del sistema hanno compreso tutte le fasi produttive, dall'acquisto dei capi a circa 30 kg fino al raggiungimento del peso di 170 kg cui sono venduti e quindi destinati poi alla macellazione e alla trasformazione. Alla fase di allevamento va aggiunta: la produzione di mangimi, sia interna che esterna all'azienda, la produzione di fertilizzanti, sementi e la gestione dei reflui. (figure 1 e 2)

L'unità di riferimento che denota l'output utile del sistema produttivo è detta unità funzionale e per questo studio essa è stata definita come 1 kg di peso vivo ottenuto, sia nelle scrofaie che nei centri di ingrasso. Le categorie d'impatto che rappresentano maggiormente tale attività e offrono una migliore indicazione per la valutazione degli impatti ambientali della produzione di suino pesante sono:

- il potenziale di riscaldamento globale, principalmente derivato dall'aumento della concentrazione di GHG che si rispecchia in un aumento della temperatura globale media;
- il potenziale di acidificazione, derivata da deposizione acida sulle matrici acqua e suolo;
- il potenziale di eutrofizzazione, raggruppante gli impatti derivanti dall'arricchimento degli ecosistemi acquatici con nutrienti, in particolar modo da composti dell'azoto e del fosforo la cui eccedenza negli ecosistemi acquatici porta alla crescita di alghe e alla decomposizione di materiale organico morto con ripercussione sui livelli di ossigeno dell'acqua comportandone una riduzione.

Figura 1: Confini del sistema e fasi produttive incluse nell'analisi dell'impronta ambientale delle scrofaie (riquadro rosso: confini del sistema, riquadro blu: azienda, riquadro verde: fase riproduttiva)

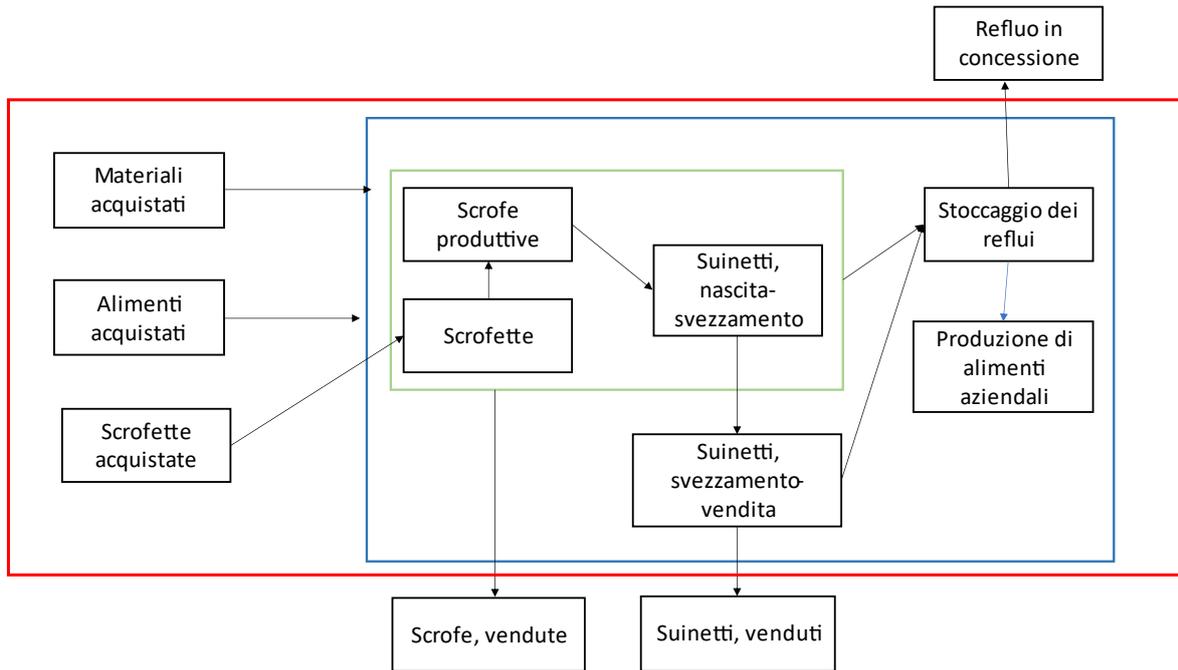
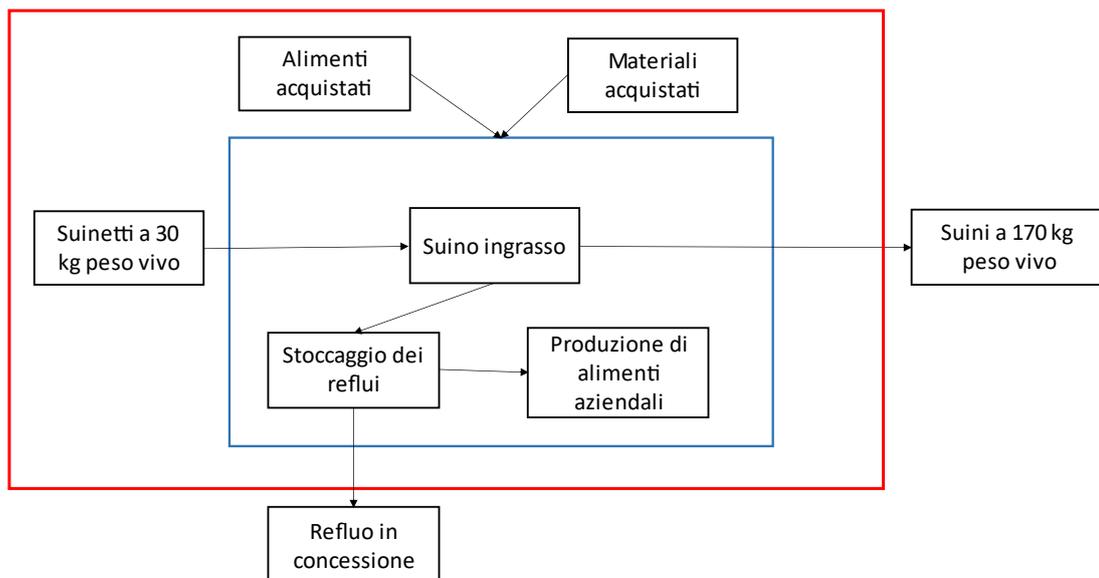


Figura 2: Confini del sistema e fasi produttive incluse nell'analisi dell'impronta ambientale dei centri di ingrasso (riquadro rosso: confini del sistema, riquadro blu: azienda)



I potenziali di acidificazione ed eutrofizzazione hanno effetti sito-specifici sulla qualità dell'aria e dell'acqua risultando influenzati dalla concentrazione locale delle fonti di emissione con successive conseguenze per l'ambiente, mentre il potenziale di riscaldamento globale è una categoria di impatto di tipo globale, essendo il punto di emissione e quello di conseguente impatto non ravvicinati.

Infine, nelle scrofaie è stato necessario calcolare un fattore di allocazione per ripartire l'impatto complessivo tra i due co-prodotti, suinetti e scrofe vendute. L'allocazione si è basata su un metodo di tipo economico, standard in questo settore (Bava et al., 2017). Sulla base dei prezzi di vendita, il 92% dell'impatto della fase riproduttiva (fino allo svezzamento dei suinetti) è stato allocato al suinetto, e l'8% alle scrofe vendute. L'impatto complessivo associato al suinetto risulta pertanto calcolato come l'impatto della fase riproduttiva allocato al suinetto più l'impatto osservato dallo svezzamento alla vendita. Per quanto concerne i centri di ingrasso, essi si configurano come un processo monofunzionale, essendo che da essi si ottiene un unico prodotto (il suino pesante a peso di macellazione), per cui nessuna allocazione è stata necessaria. In entrambe le tipologie di aziende, invece, la ripartizione degli impatti tra co-prodotti circa gli alimenti ad uso zootecnico derivanti da processi multifunzionale, come ad esempio la farina di estrazione di soia, si è basata su una allocazione di tipo economico.

3.2 Inventario

Il campione di aziende preso in considerazione in questo studio è stato pari a 18 aziende a diverso sistema produttivo. Le aziende considerate sono tutte di tipo aperto tranne una, per la quale si è virtualmente separata la fase legata alla scrofaia e quella legata all'ingrasso. Per questo motivo, l'inventario è stato costruito per 8 allevamenti destinati alla riproduzione e 10 centri di ingrasso.

I dati delle singole aziende sono stati raccolti tramite l'uso di un questionario per comprendere: la composizione e gestione aziendale, il sistema di stabulazione, la gestione dei liquami, la produzione di colture per i mangimi, le diete, il consumo di carburante ed elettricità, gli input esterni (acquisto di mangimi, fertilizzanti, pesticidi, animali) e gli output (vendita di animali).

Nello specifico, nel caso delle aziende dedicate alla riproduzione, le informazioni derivate dalla compilazione dei questionari hanno permesso di calcolare: il numero medio delle scrofe produttive, i giorni mediamente destinati alle fasi dedicate alla gestazione, allattamento e svezzamento-fecondazione nell'arco dell'anno che nell'insieme vanno a comporre il tempo di interparto per scrofa e il numero di parti annuali nonché i cicli produttivi aziendali. Per le scrofette si è andati a calcolare il PV a copertura dato dall'incremento medio giornaliero dall'arrivo alla prima copertura e il PV al primo parto. Per i suinetti si sono calcolati: il numero medio di nati, il tasso di mortalità nascita-svezzamento, l'incremento medio giornaliero (IMG) post-svezzamento dato dalla differenza tra il peso vivo (PV) di vendita e quello raggiunto allo svezzamento rapportato alla durata della fase di ingrasso.

Si è proseguita l'analisi considerando i dati raccolti per le aziende destinate all'ingrasso dei capi cui, ad un'informazione iniziale sul numero e PV dei capi entranti in azienda, la durata media del ciclo di ingrasso, il PV di vendita e la mortalità si sono calcolati: i suini venduti, il peso guadagnato in azienda, la quantità di mangime utile ad ottenere l'incremento di peso finale e l'incremento medio giornaliero (IMG) calcolato come rapporto tra il PV guadagnato durante il ciclo di ingrasso e la durata dello stesso (considerando i giorni effettivi di ingrasso senza il vuoto sanitario, tempo utile necessario per passare da un ciclo di allevamento all'altro).

A questa prima fase destinata a comprendere la performance aziendale si è passati a considerare le diete somministrate ai capi nelle differenti fasi che compongono il ciclo di produzione. Per ogni azienda si sono raccolte le informazioni sul consumo annuale dei singoli alimenti, tra mangimi completi e alimenti componenti la razione costruita in azienda, e la loro destinazione circa la categoria di animali che li hanno consumati. Riguardo la composizione chimica, si sono raccolti i dati di cartellino circa i mangimi completi e i nuclei, mentre per gli altri alimenti si sono utilizzati i dati forniti da Sauvant et al. (2014). Di particolare interesse sono stati dati relativi al contenuto in proteina grezza, fosforo e di energia lorda (GE) e digeribile (DE), utili al calcolo delle emissioni.

Sulla base dei dati di consumo alimentare, composizione della razione e dei mangimi e delle prestazioni produttive degli animali, si sono compilati il bilancio dell'azoto (N) e del fosforo (P).

Per entrambe le destinazioni produttive si calcola il bilancio dell'azoto (N) attraverso le seguenti formule:

$$- \text{N ingerito/capo/anno} = \Sigma (\text{CM} * \text{CP}) / 6.25 * \text{cicli annuali}$$

CM: consumo mangime [kg]; CP: contenuto di proteina; 6.25 coefficiente di conversione proteina in contenuto di azoto

$$- \text{N ritenuto/capo/anno} = (\text{PVv} - \text{PVa}) * \text{kNC} * \text{n. capi venduti}$$

PVv: peso vivo vendita [kg]; PVa: peso vivo acquisto [kg]; kNC= 0.024 è il fattore di conversione, contenuto medio di N nel corpo 24 g/kg = 0.024 kg di N presente in 1kg di peso dell'animale

$$- \text{N escreto/capo/anno} = \text{N ingerito} - \text{N ritenuto}$$

Per il bilancio del fosforo la formulazione è simile a quella dell'azoto, e il suo calcolo si è basato sul contenuto in P degli alimenti e di un coefficiente di ritenzione pari a 0.007 kg/kg PV (Poulsen et al., 1999)

Nella gestione aziendale è necessario ricorrere all'uso e al consumo di energia e materiali per condurre la quotidiana attività lavorativa. Si hanno dei consumi energetici quali: elettricità, gasolio, GPL, gas metano, lubrificanti cui, in alcuni casi, può aggiungersi una quota di energia autoprodotta. Da queste derivano dei contributi alle categorie di impatto individuate in principio dello studio da aggiungere a quelli originati da altri apporti della produzione.

Sulla base delle informazioni precedentemente definite o calcolate, si è effettuata la computazione degli impatti relativi alle tre categorie di impatto definite nella prima fase della metodologia LCA, quindi il potenziale di riscaldamento globale, di acidificazione e di eutrofizzazione.

Circa il potenziale di riscaldamento globale, le emissioni di CH₄ e N₂O derivanti dalla gestione degli animali e dei reflui in azienda è stata stimata sulla base del protocollo pubblicato dall'IPCC nel 2006 e aggiornato nel 2019 (IPCC, 2019), sulla base dei livelli Tier 1 e 2, a seconda delle informazioni disponibili. Le equazioni utilizzate sono state le seguenti:

- CH₄ enterico = 1.5 kg CH₄/capo/anno * numero di capi presenti* (giorni presenza/capo / 365);
- CH₄ da stoccaggio refluo totale = (VS * giorni presenza/capo) * (B₀ * 0.67 * MCF) *capi presenti;
VS: solido volatile giornaliero escreto [kg sostanza secca/capo/giorno]; B₀: capacità massima di produzione di metano da refluo [mc CH₄/kg VS]; MCF: fattore di conversione del CH₄ per ciascun sistema di gestione (0.22)
- VS = GEI * (1 – DE%) * (UE * GEI) * (1 – ceneri) / 18.45
GEI: consumo energetico lordo [MJ/capo/giorno]; DE%: digeribilità dell'energia lorda della razione; (UE*GEI): energia urinaria; cenere: tenore di cenere calcolato come frazione dell'assunzione di sostanza secca; 18.45: fattore di conversione per GEI per i mangimi a base di cereali comunemente somministrati ai capi. DE: 85%, UE: 2%, ceneri: 6%
- N₂O da stoccaggio reflui = (N escreto * 0.001 + N volatilizzato * 0.01) * 44/28
N escreto: N escreto da tutti gli animali nell'anno; N volatilizzato: N escreto * 0.28 (ISPRA, 2011); 44/28: fattore di conversione delle emissioni N₂O-N in emissioni N₂O

Per quanto riguarda invece l'impatto derivante dalla produzione degli alimenti utilizzati nella razione, e dalla produzione e uso delle risorse energetiche e dei materiali, le emissioni in termini di CO₂, CH₄ e N₂O sono state computate sulla base del prodotto tra la quantità del singolo input e il fattore di emissione (kg emissione / unità di input) derivato dal database Ecoinvent (Wernet et al., 2016), tranne per la produzione di elettricità, il cui fattore di emissione è stato derivato da ISPRA (2011).

Per la categoria d'impatto potenziale di acidificazione, le emissioni di ammoniaca derivanti dalla gestione dei reflui in azienda sono state calcolate sulla base dell'azoto volatilizzato, precedentemente calcolato per il potenziale di riscaldamento globale. La conversione da N a NH₃ si ottiene moltiplicando l'azoto volatilizzato per 17/14 (rapporto tra i pesi molecolari di NH₃ e N). Alla medesima maniera si è andati a calcolare le emissioni di azoto in atmosfera riferite alla fase agricola di produzione degli alimenti aziendali.

Per quanto riguarda invece l'impatto derivante dalla produzione degli alimenti utilizzati nella razione, e dalla produzione e uso delle risorse energetiche e dei materiali, le emissioni in termini di CO₂, CH₄ e N₂O sono state computate sulla base del prodotto tra la quantità del singolo input e il fattore di emissione derivato dal database Ecoinvent (Wernet et al., 2016)

Infine, il potenziale di eutrofizzazione include il contributo derivante da:

- deposizione dell'ammoniaca al suolo, pari all'N ammoniacale volatilizzato in fase di stoccaggio e spandimento di reflui e fertilizzanti
- lisciviazione dell'azoto in fase agricola per la produzione intraziendale di alimenti
- perdite di fosforo al suolo (Nemeck and Kagi, 2007)

Anche per il potenziale di eutrofizzazione, l'impatto derivante dalla produzione degli alimenti utilizzati nella razione e dalla produzione e uso delle risorse energetiche e dei materiali, le emissioni in termini di CO₂, CH₄ e N₂O sono state computate sulla base del prodotto tra la quantità del singolo input e il fattore di emissione derivato dal database Ecoinvent (Wernet et al., 2016).

3.3 Valutazione impatto

Nel terzo step dell'analisi LCA le emissioni delle singole sostanze che contribuiscono a una determinata categoria di impatto sono convertite nell'unità di misura comune della categoria attraverso i fattori di caratterizzazione. Circa il potenziale di riscaldamento globale essi sono derivati da IPCC (2013), mentre per quanto riguarda i potenziali di acidificazione ed eutrofizzazione da Guinée et al. (2002).

Il risultato finale per categoria di impatto è quindi riportato alla quantità di output dell'azienda, ottenendo il valore di emissione per 1 kg PV ottenuto.

3.4 Interpretazione

I contributi derivanti dalle diverse fasi produttive sono stati analizzati tramite hotspot analysis per identificare quelli maggiormente importanti per ogni categoria di impatto.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

La Tabella 1 presenta i risultati ottenuti circa la grandezza delle scrofaie e le informazioni generali sul management aziendale. Le aziende campionate ospitavano in media circa 1050 scrofe produttive e utilizzavano, ai fini di verro ruffiano, una media di 5 verri. La grandezza aziendale è risultata alquanto variabile (coefficiente di variazione, come rapporto tra deviazione standard e media, CV, pari a 55% circa le scrofe produttive), con la presenza di aziende di piccole-medie (sulle centinaia) e di grandi dimensioni (sulle migliaia di capi). La grandezza dell'azienda ha ripercussioni anche sul numero di giovani femmine in ingresso, che hanno il compito di sostituire le scrofe che vengono vendute. Nelle aziende in esame si è osservato un ingresso annuale di 380 scrofette in media (CV: 74%). La quota di rimonta è risultata pari al 36% in media, con un range da 28% a 45%. Le scrofaie analizzate hanno presentato un basso livello di autosufficienza alimentare, in media 8% (CV: 150%), con la maggior parte delle aziende non utilizzanti nessun alimento di origine interna e un massimo di autosufficienza pari a 27%.

Tabella 1. Statistiche descrittive della dimensione e management aziendale delle scrofaie

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Scrofe	N	1052	576	338	2177
Verri	N	5	2	1	9
Scrofette	N	380	283	133	861
Quota di rimonta, <i>su scrofa</i> %	%	36	8	28	45
Autosufficienza alimentare	% tal quale	8	12	0	27

Per quanto concerne la gestione riproduttiva, le scrofe hanno in media 2.41 ± 0.04 parti/anno, con una media di 66 ± 4 giorni in lattazione e 277 ± 5 giorni in gestazione, con una bassa variabilità tra aziende, segno che da questo punto di vista i processi produttivi presentano una elevata standardizzazione. Sull'arco dell'anno, per ogni scrofa si ottengono circa 30 suinetti svezzati (CV: 13%), con una mortalità nascita-svezzamento che si aggira attorno all'11%. Dopo lo svezzamento a circa 27 giorni di media, i suinetti rimangono in azienda per altri 53 ± 5 giorni in media, venendo venduti a circa 30 kg e un'età pari in media a circa 80 giorni, anche qui con un basso livello di variabilità tra aziende. La mortalità tra lo svezzamento e la vendita risulta bassa, in media del 3% post-svezzamento. Per quanto riguarda la gestione delle scrofette, l'acquisto extra-aziendale avviene a circa 70 kg PV e 127 giorni di vita, e sono allevate in azienda fino alla prima copertura, che avviene dopo un periodo di 129 ± 52 giorni, e il primo parto è stato osservato in media a 371 ± 22 giorni.

I risultati ottenuti in termini di numero di parti/scrofa/anno e di suinetti svezzati e venduti per scrofa/anno sono superiori a quelli osservati in Pirlo et al. (2016) e Bava et al. (2017), mentre i risultati circa la mortalità dei suinetti sono in linea con quelli osservati da Bava et al. (2017) e inferiori a quelli ottenuti in Pirlo et al. (2016).

Tabella 2. Statistiche descrittive della gestione degli animali, per categoria animale, nelle scrofaie (N=8)

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Scrofe produttive					
Parti	N/scrofa produttiva/anno	2.41	0.04	2.37	2.47
Lattazione, durata	giorni	66	4	60	72
Gestazione, durata	giorni	277	5	271	284
Suinetti, svezzati	N/scrofa produttiva/anno	30	4	25	36
Suinetti, venduti	N/scrofa produttiva/anno	29	3	25	35
Mortalità, nascita-svezzamento	%	11	4	4	17
Suinetti post-svezzamento					
Peso alla vendita	kg/suinetto	32	2	30	35
Età alla vendita	giorni	80	5	72	87
Mortalità, svezzamento-vendita	%	3	1	2	5
Scrofette					
Età all'ingresso, capo	giorni	127	56	40	180
Peso vivo all'ingresso, capo	kg PV/capo	70	31	23	104
Periodo ingresso-copertura	giorni	129	52	60	201
Età al primo parto, capo	giorni	371	22	353	414

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati circa la gestione alimentare degli animali nelle scrofaie. Per quanto concerne le scrofe, l'ingestione alimentare è stata in media pari a 1130 ± 81 kg/scrofa produttiva/anno e la razione è stata caratterizzata da un tenore proteico pari in media a circa 14.3% e da una percentuale di fosforo

di 0.57%. L'energia lorda della razione, utile per la stima delle emissioni in fase di stoccaggio dei reflui, è di 16.3 MJ/kg TQ. L'ingestione alimentare giornaliera dei suinetti durante la fase dallo svezzamento al raggiungimento del peso utile alla vendita (PV 30 kg) è stata in media di 0.9 kg/capo, la razione avente un contenuto medio del 16.8% in proteina grezza e una percentuale del 0.57% in fosforo, con una densità energetica pari a 17.1 MJ/kg TQ. La dieta somministrata alle scrofette, infine, varia tra 1.70 kg e i 2.20 kg/capo/giorno, con un contenuto medio in proteina grezza dello 14.6 % e in fosforo 0.54 %, e un contenuto energetico pari in media a 14.9 MJ per kilo di mangime ingerito.

La variabilità osservata circa i risultati inerenti alla gestione alimentare degli animali nelle scrofaie è risultata bassa, con CVs dal 1% al 28%. Come indicato precedentemente, questo è indice del fatto che il sistema produttivo ha raggiunto un osservabile grado di standardizzazione.

Tabella 3. Statistiche descrittive della gestione alimentare nelle scrofaie, per categoria animale (N=8)

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Scrofe produttive¹					
Ingestione, totale	kg TQ/capo/anno	1130	81	1019	1239
Proteina grezza	%TQ	14.3	0.5	13.6	15.1
Fosforo	%TQ	0.60	0.09	0.48	0.72
Energia lorda	MJ/ kg TQ	16.3	0.1	16.2	16.3
Suinetti post-svezzamento					
Ingestione alimentare	kg TQ/capo/giorno	0.87	0.05	0.80	0.96
Proteina grezza	%TQ	16.8	0.9	15.1	17.8
Fosforo	%TQ	0.57	0.07	0.49	0.65
Energia lorda	MJ/ kg TQ	17.1	0.9	15.8	17.6
Scrofette					
Ingestione alimentare	kg TQ/capo/giorno	1.98	0.19	1.70	2.20
Proteina grezza	%TQ	14.6	0.9	13.2	16.1
Fosforo	%TQ	0.54	0.06	0.45	0.61
Energia lorda	MJ/kg TQ	14.91	4.21	4.50	16.40

¹ La quantità di siero di latte è stata riportata come mangime equivalente dividendo la quantità di siero per 10 (siero utilizzato in 1 azienda)

Per quanto riguarda i centri di ingrasso (Tabella 4), che acquistano i suinetti ai fini dell'ingrasso per l'ottenimento del suino pesante, le aziende campionate hanno presentato in media di 3250 (CV: 61%) posti stalla, con un range da circa 1000 a circa 8000, in linea con Pirlo et al. (2016) e anche con Bava et al. (2017), al netto di alcune aziende presenti in quello studio aventi più di 10000 posti stalla per i suini all'ingrasso. I capi venduti nell'arco dell'anno sono stati in media pari a 6249 capi (CV: 56%), con un valore massimo di 13681 suini. Rispetto alle scrofaie, i centri di ingrasso presentano una maggiore connessione con il territorio locale in termini di utilizzo di alimenti a destinazione zootecnica autoprodotti in azienda. In media, le aziende campionate hanno presentato un valore medio di autosufficienza alimentare del 17.8% (CV: 141%), ma allo stesso tempo è risultato alquanto variabile, con aziende che hanno acquistato tutti gli alimenti sul mercato fino ad aziende in grado di autoprodursi più della metà dei consumi alimentari. I valori maggiori di autosufficienza alimentare sono stati ottenuti in quelle aziende che hanno utilizzato il pastone di granella di mais nel razionamento degli animali, un prodotto appetibile per gli animali e derivante da una coltura, il mais, che è tra le maggiori coltivate nel territorio veneto.

Tabella 4. Statistiche descrittive della dimensione e management dei centri di ingrasso (N=10)

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Posti stalla	N	3255	1996	1300	8300
Capi venduti	N/anno	6249	3480	2550	13681
Autosufficienza alimentare	% tal quale	17.8	25.2	0	60.3

La tabella 5 riporta le statistiche descrittive circa le performance produttive osservate nei centri di ingrasso facenti parti del campione analizzato. Il ciclo di ingrasso ha avuto una durata media di 174 giorni, con un range da 162 a 203 giorni, determinando quindi la possibilità di effettuare circa due cicli di ingrasso nell'arco dell'anno. All'inizio del ciclo, i suini sono stati acquistati a un peso vivo in media pari 30.8 kg (CV: 94%), che risulta molto simile ma non uguale a quello osservato per i suinetti venduti dalle scrofaie in quanto non c'è una totale corrispondenza nel campione analizzato tra scrofaie e centri di ingrasso circa la destinazione e l'origine dei capi. Alla fine del ciclo di ingrasso, i suini sono stati venduti a un peso vivo in media pari a 170 kg (CV: 4%). Durante la fase di ingrasso, si è registrato un incremento medio giornaliero per capo pari in media a 800 grammi (CV: 5%) e una mortalità media del 5%. I valori ottenuti sono in linea con quelli pubblicati in Pirlo et al. (2016) e Bava et al., (2017).

Tabella 5. Statistiche descrittive delle performance produttive, centri di ingrasso (N=10)

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Ciclo di ingrasso, durata	Giorni	174	13	162	203
Peso vivo all'ingresso	kg PV/capo	31	3	25	35
Peso vivo alla vendita	kg PV/capo	170	7	156	178
Mortalità	%	5	4	1	15
Incremento medio giornaliero	kg PV/capo/giorno	0.80	0.04	0.70	0.88

Per quanto riguarda la gestione alimentare dei suini nei centri di ingrasso (tabella 6), l'ingestione alimentare media è stata pari a 2.8 kg/capo/giorno, molto simile tra le diverse aziende, essendo il range osservato da 2.6 e 2.9 kg/capo/giorno. Lungo l'arco del ciclo di ingrasso, il valore in termini di proteina grezza caratterizzante la razione somministrata è stata in media pari a 14.2%, mentre quella in fosforo a 0.41. Prendendo in considerazione quanto mangime è stato necessario per ottenere un kg di peso vivo, indicatore dell'efficienza nell'uso della razione da parte degli animali, il valore medio di indice di conversione alimentare è stato pari a circa a 3.5 kg mangime/kg peso vivo, con una bassa variabilità tra aziende (CV: 5%).

Tabella 6. Statistiche descrittive della gestione alimentare, centri di ingrasso (N=10)

Variabile	Unità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Ingestione	kg TQ/capo/giorno	2.8	0.1	2.6	2.9
Rapporto di conversione alimentare	kg TQ/kg PV	3.5	0.2	3.2	3.7
Proteina grezza	%TQ	14.2	1.1	12.1	15.4
Fosforo	%TQ	0.41	0.04	0.35	0.47
Energia metabolizzabile	MJ/ kg TQ	15.8	0.9	14.2	16.7

La tabella 7 riporta i risultati relativi al bilancio dell'azoto e del fosforo circa le scrofaie (per scrofa produttiva) e centri di ingrasso (per suino all'ingrasso). Nell'azienda da riproduzione l'ingestione di azoto è stata in media di 69.8 ± 6.6 kg/capo/anno mentre la ritenzione è di 25.1 ± 2.5 kg/capo/anno. La differenza tra questi due apporti restituisce l'escrezione annuale per capo. Il valore medio in termini di azoto escreto è risultato pari a 44.7 ± 4.8 kg/capo/anno. L'azoto netto, riferito alla quantità che deve essere gestita in termini di spandimento agronomico, è risultato pari in media a 32.2 kg/capo/anno. L'efficienza dell'azoto, ottenuta dal rapporto percentuale tra azoto ritenuto e ingerito, è pari a circa il 36%. Rispetto al valore regionale di 26.4 kg azoto netto/capo/anno, il valore medio ottenuto in questa tesi è superiore del 22%. Tuttavia, a causa del fatto il campione considerato presenta un numero di suinetti prodotti per scrofa produttiva/anno decisamente superiore rispetto a quello utilizzato nello schema regionale (circa 29 contro circa 23), il dato di azoto netto, quando riportato in termini di kg di peso vivo ottenuto dai suinetti, risulta essere inferiore di circa il 16% rispetto al valore normativo.

Per la questione fosforo, l'ingestione media osservata nelle scrofaie è stata pari a 7.9 ± 4.6 kg/capo/anno e la ritenzione di 1.3 ± 0.7 kg/capo/anno. Dalla differenza tra ingestione e ritenzione si ottiene il valore di fosforo medio escreto, che è ammontato a 6.6 ± 3.9 kg/capo/anno. L'efficienza del fosforo risultante dal rapporto percentuale tra fosforo ritenuto ed ingerito è si aggira in media pari al 39%.

Per quanto riguarda i centri di ingrasso, si è osservato un quantitativo di azoto ingerito medio di 21.8 ± 2.5 kg/capo/anno e una ritenzione di 6.7 kg/capo/anno circa, da cui è derivata un'escrezione media pari di 15.1 ± 2 kg/capo/anno. Infine, quello disponibile per l'attività agricola è mediamente di 11 kg di azoto per capo, mentre l'efficienza dell'azoto è del 31% circa. Rispetto al valore regionale di 9.8 kg/capo/anno di azoto netto prodotto, il valore medio qui ottenuto è superiore di circa il 10%, ma risulta inferiore del 15% quando rapportato sul peso vivo ottenuto. Per quanto concerne l'ingrasso l'ingestione di fosforo annuale per capo è mediamente di 4.0 ± 0.6 kg/capo/anno, cui si aggiunge una ritenzione di 2.0 ± 0.1 kg annuale a capo e un'escrezione media di 2.0 ± 0.6 kg/capo/anno. L'efficienza del fosforo risultante per gli allevamenti indirizzati all'ingrasso è mediamente pari a 50%.

Tabella 7. Bilancio azoto e fosforo, scrofaia (N=8) e ingrasso (N=10)

Variabile	Unità	Scrofaia (per scrofa produttiva)		Ingrasso (per capo all'ingrasso)	
		Media	Dev. standard	Media	Dev. standard
Azoto ingerito	kg/capo/anno	69.8	6.6	21.8	2.5
Azoto ritenuto	kg/capo/anno	25.1	2.5	6.7	0.7
Azoto escreto	kg/capo/anno	44.7	4.8	15.1	2
Azoto netto	kg/capo/anno	32.2	3.5	10.9	1.4
delta valore regionale	%	22		11	
Azoto netto/kg PV suinetto venduto	g/kg	34.2	3.2	39	3.7
delta valore regionale	%	-16		-15	
Fosforo ingerito	kg/capo/anno	16.3	1.3	4.0	0.6
Fosforo ritenuto	kg/capo/anno	6.5	0.6	2.0	0.1
Fosforo escreto	kg/capo/anno	9.8	1.2	2.0	0.6

I risultati circa l'impronta ambientale per 1 kg di peso vivo ottenuto relativa alla scrofaia e al suo prodotto principale, il suinetto a 30 kg di peso vivo venduto ai centri di ingrasso, sono riportati in tabella 8. Relativamente alla produzione di 1 kg di peso vivo generico, tale produzione è stata associata a un'emissione di gas climalteranti pari in media a 2.88 ± 0.21 kg CO₂-eq, mentre il valore medio di potenziale di acidificazione si aggira intorno a 52.33 ± 4.49 g SO₂-eq e quello di eutrofizzazione a 20 ± 1 g PO₄-eq emessi. La variabilità osservata è risultata bassa (CVs <10% per tutte le categorie di impatto). In riferimento al suinetto venduto, 1 kg di peso vivo ottenuto ha prodotto l'emissione media di 2.99 ± 0.23 kg CO₂-eq, 54 ± 5 g SO₂-eq e 21 ± 1 g PO₄-eq rispettivamente circa il potenziale di riscaldamento globale, di acidificazione e di eutrofizzazione. Tali valori sono inferiori di circa un terzo (potenziale di riscaldamento globale) e del 50% (eutrofizzazione) a quelli ottenuti da Pirlo et al. (2016), mentre solo poco inferiori per quanto riguarda il potenziale di acidificazione. Questo risultato probabilmente è collegato alla maggiore produttività osservata nel campione considerato in questo lavoro, essendo produttività animale e impronta ambientale riportata per unità di prodotto associati negativamente (Gerber et al., 2011). Invece Bava et al. (2017) riporta solo i valori di impatto per l'intero ciclo di vita, per cui tale confronto non è possibile.

Tabella 8. Statistiche descrittive delle categorie di impatto per 1 kg PV prodotto in scrofaia (N=8)

Variabile	Unità	Media	Dev. Standard	Minimo	Massimo
Scrofaia					
Potenziale di riscaldamento globale	kg CO ₂ -eq	2.88	0.21	2.61	3.23
Potenziale di acidificazione	g SO ₂ -eq	52	4	51	59
Potenziale di eutrofizzazione	g PO ₄ -eq	20	1	18	22
Suinetto 30 kg					
Potenziale di riscaldamento globale	kg CO ₂ -eq	2.99	0.23	2.73	3.37
Potenziale di acidificazione	g SO ₂ -eq	54	5	45	60
Potenziale di eutrofizzazione	g PO ₄ -eq	21	1	19	23

Analoga analisi è stata svolta per i centri destinati all’ingrasso (tabella 9). Il valore medio di impatto associato alla produzione di 1 kg di peso vivo lungo il ciclo di ingrasso è stato pari a 2.97 ± 0.3 kg CO₂-eq (potenziale di riscaldamento globale), 62 ± 6 g SO₂-eq (acidificazione) e 20 ± 4 g PO₄-eq (eutrofizzazione). La variabilità osservata per le diverse categorie d’impatto è risultata bassa (CVs 10-20%), probabilmente a causa della bassa variabilità osservata nelle ingestioni e nelle performance produttive dei suini all’ingrasso, essendo queste variabili alla base del calcolo dell’impronta ambientale stessa.

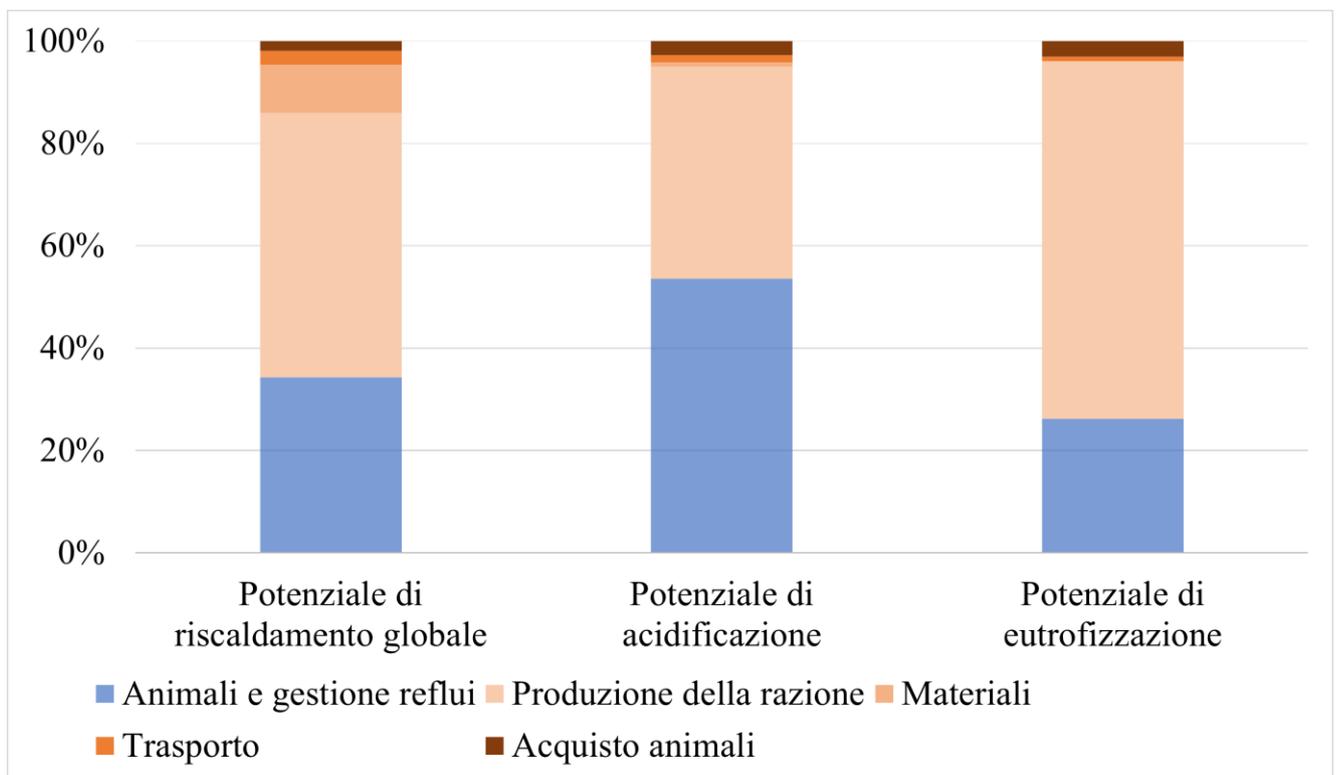
Confrontando l’analisi del contributo ambientale delle categorie allevate appena descritta con lo studio condotto da Pirlo et al., 2016, i risultati riscontrati sono abbastanza allineati. Nel nostro caso, gli impatti registrano valori minori rispetto allo studio considerato tranne nel grado di acidificazione relativo ai centri di ingrasso che risulta essere superiore. Tale valore può essere spiegato, probabilmente, dal contributo dell’azoto escreto.

Tabella 9. Statistiche descrittive delle categorie di impatto per 1 kg di peso PV in centro di ingrasso (N=10)

Variabile	Unità	Media	Dev. Standard	Minimo	Massimo
Potenziale di riscaldamento globale	kg CO ₂ -eq	2.97	0.3	2.58	3.43
Potenziale di acidificazione	g SO ₂ -eq	62	6	51	68
Potenziale di eutrofizzazione	g PO ₄ -eq	20	4	14	25

L'analisi del contributo delle singole fasi produttive all'impatto ambientale complessivo è un importante punto per identificare gli hotspot e quindi individuare in quali fasi produttive intervenire in modo prioritario per ridurre l'impatto associato alla produzione in considerazione attuando strategie di mitigazione che incidano efficacemente su tali fasi. Dall'analisi dei contributi circa l'impatto ambientale associato alle scrofaie e quindi alla produzione del suinetto destinato all'ingrasso (figura 3) è possibile notare come la produzione della dieta da somministrare agli animali, la gestione degli animali e dello stoccaggio dei loro reflui in azienda siano le fasi produttive maggiormente contribuenti in tutte le categorie di impatto. In particolare, la produzione della razione incide maggiormente sul potenziale di riscaldamento globale (52% dell'impatto complessivo) e di eutrofizzazione (70%), mentre la gestione degli animali e dei reflui sul potenziale di acidificazione (54%). Per tutte le categorie di impatto, i materiali, il trasporto e l'acquisto di animali pesano in maniera minoritaria sulle emissioni complessive.

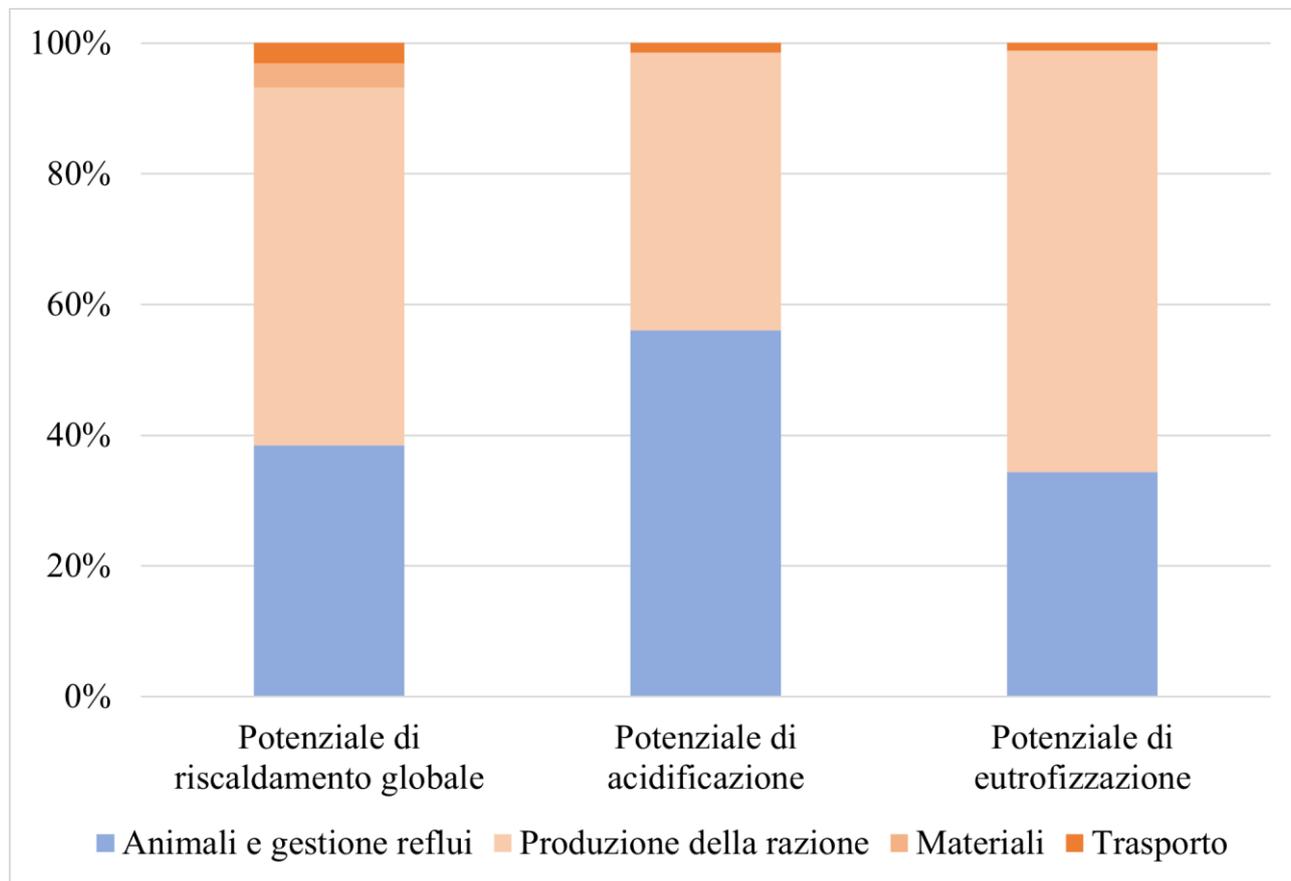
Figura 3: Contributi delle singole fasi per categoria di impatto in scrofaia (N=8)



Per quanto riguarda l'analisi dei contributi circa i centri di ingrasso (Figura 4), i risultati ottenuti sono molto simili a quelli riscontrati nelle scrofaie, la produzione della razione, la gestione degli animali e dei reflui, incidono in modo preponderante sul valore complessivo in tutte le categorie di impatto. In particolare, la gestione dei capi in azienda e degli effluenti prodotti influiscono per il 56% sul potenziale di acidificazione cui viene ad aggiungersi la produzione della razione somministrata (42%). Quest'ultima, ancora una volta, ricopre un notevole ruolo sul potenziale di eutrofizzazione (65%) e sull'emissione di gas serra sfiora il 55%.

Ruolo minoritario nelle categorie delineate nello studio è ricoperto da attività che rientrano nella normale conduzione aziendale, come l'utilizzo di materiali, soprattutto a fini energetici necessari all'allevamento, e il trasporto degli input, contribuendo entro il 7% complessivamente al potenziale di riscaldamento globale.

Figura 4: Contributi delle singole fasi per categoria di impatto in centro di ingrasso (N=10)



Per quanto riguarda l'analisi dei contributi, risultati simili sono stati riscontrati sia nel contesto italiano (Pirlo et al., 2016; Bava et al., 2017; Berton et al., 2018) sia internazionale (McAuffile et al., 2016).

Considerando l'impatto medio relativo alla produzione del suinetto a 30 kg con destinazione al centro di ingrasso e quello associato al ciclo di ingrasso, l'impronta ambientale per kg di peso vivo ottenuto associata alla produzione del suino pesante, dalla nascita alla vendita a 170 kg, è risultata pari in media a 3.0 kg CO₂-eq, 61 g SO₂-eq e 20 g PO₄-eq rispettivamente circa il potenziale di riscaldamento globale, di acidificazione e di eutrofizzazione, con circa l'80% dell'impatto complessivo causato dalla fase di ingrasso. I risultati in termini di impatto del suino pesante lungo l'intero ciclo di vita aziendale sono in linea con quanto ottenuto in lavori precedente sia in termini assoluti che di ripartizione percentuale tra fase riproduttiva e fase di ingrasso (Pirlo et al., 2016; Bava et al., 2017).

I risultati dello studio sono abbastanza in linea con quelli di altri studi condotti sull'allevamento del suino pesante italiano (Bava et al. 2017; Pirlo et al., 2016). Dall'altra parte, i risultati sono maggiori rispetto a quelli ottenuti in altri contesti europei. Il confronto tra i due è reso più difficile poiché a livello europeo è diffuso un sistema produttivo con caratteristiche e destinazioni, in termini di prodotto finale, diverse da quello italiano (McAuffile et al., 2016).

Per quanto concerne il contributo al riscaldamento globale, gli impatti relativamente bassi possono essere spiegati, sebbene parzialmente, dall'adozione di un'allocazione economica della produzione delle scrofe. Tale ripartizione riduce l'impatto ambientale dell'aumento di peso corporeo del suino ingrassato (Pirlo et al., 2016).

Procedendo con l'analisi si sono registrati dei valori medi sul potenziale di emissione di gas ad effetto serra minori rispetto a quanto registrato da Bava et al. (2017) e Pirlo et al. (2016), probabilmente riconducibili a diverso sistema di stabulazione o gestione degli effluenti da cui derivano differenti emissioni di CH₄ e N₂O. A tal proposito anche la diversa durata del ciclo di accrescimento-ingrasso ha una propria influenza sull'emissione di azoto di origine animale andando a rispecchiarsi sui potenziali di acidificazione ed eutrofizzazione, più a lungo un capo viene tenuto in allevamento e maggiori saranno le emissioni di azoto in aria e in acqua. Importante sottolineare che per la produzione tipica del suino pesante italiano il periodo di finissaggio, che precede la macellazione, è molto lungo, data l'età minima e il peso richiesto per la produzione del prosciutto DOP. In quest'ultima fase l'efficienza di conversione alimentare (ICA) diminuisce sensibilmente comportando un aumento delle emissioni e delle escrezioni per kg di PV (Malagutti et al., 2012). L'effetto sull'impatto ambientale deriva dalla riduzione del fabbisogno di mangime a parità di output, in questo caso di accrescimento realizzato (ANAS, 2020).

Lo studio ha dimostrato che vi sia un margine di miglioramento circa le prestazioni ambientali sia negli allevamenti destinati alla riproduzione che nella successiva fase di ingrasso andando ad agire sulle categorie di impatto acidificazione ed eutrofizzazione. Nella scrofaia, dallo studio condotto da Pirlo et al. (2016), si rileva come un basso tasso di mortalità (11.8%) incida positivamente sulle prestazioni ambientali e possa essere raggiunto se l'allevatore riesce a adottare alcune buone pratiche, come un allungamento del periodo di lattazione o una riduzione nel contenuto di proteina grezza dopo lo svezzamento che contribuisce a migliorare lo stato di salute del tratto gastrointestinale dei suinetti. Una diminuzione della mortalità ha un effetto favorevole sulla produzione agricola comportando una riduzione dell'8% negli input.

Nella fase di accrescimento-ingrasso agendo sull'aumento del rapporto di conversione alimentare si migliora l'efficienza dell'alimento somministrato (CRPA, 2015). L'allevatore potrebbe adottare una serie di best practices tese in questa direzione, come la scelta di diete appropriate e di strategie di razionamento permettendo di ridurre la quantità di azoto presente nelle urine che, nel caso specifico del suino, rappresenta la quota più importante.

A questo può essere combinata una progressiva riduzione nel contenuto di proteina grezza che consente un miglioramento nel soddisfare il fabbisogno nutrizionale dei suini ottimizzando l'utilizzo di energia digeribile

e riducendo, al contempo, l'escrezione di azoto e le emissioni di ammoniaca (Pirlo et al., 2016). Prove sperimentali su suini pesanti, aventi come obiettivo quello di testare gli effetti sulle performance produttive dovuti all'utilizzo di razioni a basso tenore proteico, hanno evidenziato come tali razioni siano in grado di ridurre l'escrezione azotata senza avere effetti negativi sulle prestazioni (Gallo et al., 2014; Schiavon et al., 2018). Il miglioramento dell'efficienza nell'uso della proteina presente nei mangimi ha ricadute positive nella riduzione di nitrati e ammoniaca, principali fonti di eutrofizzazione derivate dall'escrezione di azoto (Bittman et al., 2014)

5. CONCLUSIONI

Il presente studio ha valutato le prestazioni ambientali del ciclo di vita della produzione del suino pesante nel contesto della Regione Veneto evidenziando come il settore sia caratterizzato da valori di impatto in linea con studi precedentemente condotti sulla produzione a livello nazionale.

In particolar modo si sono evidenziati margini di intervento, sia in fase riproduttiva che in fase di ingrasso, che suggeriscono azioni di miglioramento del management aziendale e l'adozione di strategie nutrizionali volte a ridurre gli impatti senza incidere sulle performance produttive. Ciò è reso possibile grazie all'uso di best practices già testate sia in condizioni sperimentali che in fase di campo.

L'implementazione di queste pratiche volte alla mitigazione degli impatti derivati dall'attività aziendale sull'ambiente deve essere sostenuta ed incoraggiata da politiche che mirino a migliorare la sostenibilità complessiva del settore di produzione del suino pesante, peculiarità dell'agroalimentare italiano.

Le opportunità offerte dall'evoluzione delle conoscenze nel campo scientifico consentono di affrontare ed accettare nuove sfide volte a migliorare l'efficienza alimentare e riproduttiva contenendo, al contempo, l'impatto ambientale derivato ma con produzioni ugualmente di qualità.

I risultati ottenuti in questo studio possono dare un contributo nella definizione di strategie e politiche mirate a favorire la transizione verso pratiche produttive sostenibili, in linea con gli obiettivi generali del Green Deal dell'Unione Europea e della Farm to Fork Strategy.

BIBLIOGRAFIA

- Bava, L., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A. (2017). Environmental impact of the typical heavy pig production in Italy. *Journal of cleaner Production*, 140, 685-691.
- Berton, M., Gallo, L., Carco, G., Schiavon, S., & Sturaro, E. (2018). Effect of genetic type and low protein diets on the environmental footprint of intensive medium-heavy pig production system. *Journal of Central European Agriculture*, 19(4), 852-857.
- Bittman, S., Dedina, M. C. M. H., Howard, C. M., Oenema, O., & Sutton, M. A. (2014). Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
- CRPA, Centro Ricerche Produzioni Animali, 2015. Costo di produzione del suino pesante. CRPA Notizie n.2-2/75
- Della Casa G., Bochicchio D., Faeti V., Marchetto G., Poletti E., Rossi A., Garavaldi A., Panciroli A., Brogna N., 2009. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Sci.* 81, 238-244.
- EEA, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019
- EU, 2016. Guidance for the implementation of the EU product environmental footprint during the environmental footprint (EF) pilot phase, European commission
- FAO, 2016. Environmental Performance of Pig Supply Chains: Guidelines for assessment. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.
- Gallo, L., Dalla Montà, G., Carraro, L., Cecchinato, A., Carnier, P., Schiavon, S. (2014) Growth performance of heavy pigs fed restrictively diets with decreasing crude protein and indispensable amino acids content. *Livestock. Science*, 161, 130–138. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.027>
- 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.
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., & Steinfeld, H. (2011). Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock science*, 139(1-2), 100-108.
- Guinée, J.B., Gorrae, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., deKoning, A., VanOers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., UdoedeHaes, H.A., de Bruijn, H, Van Duin, R., Huijbregts, M.A.J., 2002. Handbook on Life Cycle Assessment – An Operational Guide to the ISO Standards. Kluwar Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Group I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change [Watson, R.T. and the Core

Writing Team (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 398 pp.

IPCC,2006. Emissions from livestock and manure management. Capitolo 10

IPCC, 2013. Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., Zhang, H., 2013. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I To the Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2019. *Guidelines for national greenhouse gas inventories - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other land Use – Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Geneva, Switzerland.

ISPRA, 2011. *Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009 – rapporto 104/2011*, Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Rome, Italy

ISPRA 2020. *Italian Emission Inventory 1990-2018. Informative Inventory Report 2020*

MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. Steinfeld, H. 2013. *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Malagutti L., Colombini S., Pirondini M., Crovetto G.M., Rapetti L. Galassi G., 2012. *Effects of phytase on growth and slaughter performance, digestibility and nitrogen and mineral balance in heavy pigs*. *Ital. J. Anim. Sci.* 11 (4), 70.

McAuliffe, G. A., Chapman, D. V., & Sage, C. L. (2016). *A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production*. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 12-22.

Nemecek, T., Kägi, T., 2007. *Life Cycle Inventories For Swiss and European Agricultural Production System – Final Report Ecoinvent no15*. Agroscope Reckenholz Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.

Pirlo G., Carè S., Della Chiesa G., Marchetti R., Ponzoni G., Faeti V., Fantin V., Masoni P., Buttol P., Zerbinatti L., Falconi F., 2016. *Environmental impact of heavy pig production in a sample of italian farms. A clandle to farm-gate analysis*. *Science of the Total Environment* 565, 576-585

Poulsen, H. D., A.W. Jongbloed, P. Latimier and J.A. Fernandez, 1999. Phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livest. Prod. Sci.* 58, 251-259

Sauvant, D., Perez, J.-M. and Tran, G. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. D. Sauvant, J.M. Perez & G. Tran (Eds). Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands.

Schiavon, S., Dalla Bona, M., Carcò, G., Carraro, L., Bungler, L., Gallo, L. (2018) Effects of feed allowance and indispensable amino acid reduction on feed intake, growth performance and carcass characteristics of growing pigs. *Plo Sone*, 13 (4), e0195645. DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0195645>

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Castel, V., Rosales, M., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Organization.

UNI EN ISO 14040:2006. Gestione ambientale- Valutazione del ciclo di vita -Principi e quadro di riferimento Veneto Agricoltura, 2020. Comparto suino Veneto. Allevamenti, capi e macellazioni. Status quo 2020

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21, 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

SITOGRAFIA

<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

<http://www.anas.it/files/giornale/202100007.PDF>