



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Facoltà di Agraria
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Animali

TESI DI LAUREA

CRITERI METODOLOGICI PER L'ESECUZIONE DI UNA LCA IN ALLEVAMENTI
DI VACCHE DA LATTE. RISULTATI OTTENUTI DALL'IMPLEMENTAZIONE DEL
METODO PRESSO UN ALLEVAMENTO.

*METHODOLOGICAL CRITERIA FOR THE EXECUTION OF LCA CONCERNING DAIRY
FARMS. RESULTS OBTAINED BY THE APPLICATION OF THIS METHOD IN A REAL
FARM.*

Relatore: Prof. Stefano Guercini
Correlatore: Dott. Alessandro Bordin

Laureando: Romina Snidero

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Facoltà di Agraria
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Animali

TESI DI LAUREA

CRITERI METODOLOGICI PER L'ESECUZIONE DI UNA LCA IN
ALLEVAMENTI DI VACCHE DA LATTE. RISULTATI OTTENUTI
DALL'IMPLEMENTAZIONE DEL METODO PRESSO UN ALLEVAMENTO.
*METHODOLOGICAL CRITERIA FOR THE EXECUTION OF LCA CONCERNING DAIRY
FARMS. RESULTS OBTAINED BY THE APPLICATION OF THIS METHOD IN A REAL
FARM.*

Relatore: Prof. Stefano Guercini
Correlatore: Dott. Alessandro Bordin

Laureando: *Romina Snidero*

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

Indice

Sommario	i
Abstract	iii
1 Introduzione	1
1.1 Evoluzione generale della zootecnia italiana	1
1.1.1 Situazione agricola a confronto tra Italia, Olanda e Francia	3
1.2 Problematiche ambientali degli allevamenti zootecnici	4
1.2.1 Effetto serra	6
1.3 Brevi cenni su alcune norme di carattere ambientale	8
1.3.1 La legislazione sulle acque	8
1.3.2 La direttiva IPPC	12
2 La LCA come strumento per la valutazione dell'impatto degli allevamenti sull'ambiente	15
2.1 Il rapporto impresa ambiente	15
2.2 Bilancio ambientale	16
2.3 Le fasi dell'LCA	17
2.3.1 Obiettivo, campo di applicazione e scelta dell'unità funzionale	17
2.3.2 Inventario: LCI o Bilancio ambientale	18
2.3.3 Valutazione degli impatti	22
2.3.3.1 Elementi facoltativi	23
2.3.4 Interpretazione	24
2.4 Limiti dell'LCA	24
3 La gestione delle deiezioni negli allevamenti di vacche da latte	27
3.1 Premessa	27
3.1.1 Le tipologie di stabulazione	27
3.1.1.1 Stalla a lettiera permanente	28
3.1.1.2 Stalla a lettiera inclinata	28

3.1.1.3	Stalla a cuccette	28
3.2	Le pavimentazioni delle corsie	29
3.3	I sistemi di asportazione dei reflui dalla stalla	30
3.3.1	Sistemi meccanici	30
3.3.2	Sistemi idraulici	30
3.4	Linee di trattamento degli effluenti zootecnici	31
3.4.1	Stoccaggio	31
3.4.2	Separazione solido liquido	32
3.4.3	I trattamenti di bio-ossidazione	36
3.4.4	Trattamento biologico di nitrificazione-denitrificazione	39
3.4.5	Digestione anaerobica	40
3.4.6	Considerazioni finali	43
4	Emissione di Ammoniaca, Metano e Acido Solfidrico dagli allevamenti di vacche da latte	45
4.1	Premessa	45
4.2	Ammoniaca	46
4.3	Metano	48
4.4	Emissione di acido solfidrico o idrogeno solforato	51
5	Caso studio	53
5.1	Obiettivi del lavoro	53
5.2	Breve descrizione dell'Azienda Agricola Maino	55
5.3	Materiali e metodi	57
5.3.1	Unità funzionale	57
5.3.2	Individuazione dei dati necessari	57
5.4	Inventario: LCI o Bilancio Ambientale	57
5.4.1	Allevamento	57
5.4.2	Gestione delle deiezioni	61
5.4.3	Gestione dei reflui: aspetti comuni	61
5.4.4	Soluzione C1	62
5.4.5	Soluzione C2	63
5.4.6	Soluzione C3	65
6	Risultati ottenuti	69
6.1	Fase di allevamento	69
6.2	Gestione dei reflui: aspetti comuni	71
6.3	Soluzione C1	72
6.4	Soluzione C2	73

6.5	Soluzione C3	74
6.6	Valutazione degli impatti	75
6.6.1	Caratterizzazione degli impatti	76
7	Conclusioni	79
7.1	Conclusioni	79
7.1.1	Interpretazione dei risultati e analisi dei miglioramenti	80
	Conclusioni	83
	Appendice A	83
	Appendice B	87
	Bibliografia	87
	Ringraziamenti	95

Sommario

Nell'agricoltura italiana, fino agli anni '50, non esisteva il problema della gestione delle deiezioni zootecniche dato che le deiezioni negli allevamenti venivano utilizzate per la concimazione dei terreni.

Con il diffondersi della meccanizzazione, gli animali da lavoro scomparvero e con essi i piccoli allevamenti omogeneamente diffusi nel territorio. In quell'epoca cominciarono a prender piede gli allevamenti specializzati, prima quasi sconosciuti, che con il tempo, per ragioni anche economiche, diventarono sempre più grandi. L'avvento della zootecnia specializzata, ed in particolar modo degli allevamenti "senza terra" decretò la rottura del rapporto terra-allevamento, pilastro dell'agricoltura tradizionale, basata sui concetti della reintegrazione e della conservazione della fertilità del terreno attraverso un costante apporto di sostanza organica e di elementi nutritivi provenienti dalle deiezioni zootecniche. I due prodotti simbolo del nuovo modo di fare agricoltura "sviluppata" sono quindi i concimi chimici ed i liquami, questi ultimi espressione delle nuove tecniche di stabulazione, economizzatrici di lavoro.

Sempre più consci delle problematiche connesse al disequilibrio tra terra ed allevamento, spinti da norme ambientali sempre più stringenti (accordo di Kyoto, Direttiva Nitrati, IPPC, ecc.), gli allevatori ed i loro tecnici stanno rivedendo l'intero sistema con il tentativo di trasformare, dove possibile, i liquami da problema a risorsa.

In questo lavoro le problematiche sopra menzionate sono state affrontate attraverso la redazione di un bilancio ambientale secondo la metodologia della Life Cycle Assessment (LCA).

In particolare, utilizzando i dati di un reale allevamento di vacche da latte, sono state messe a confronto le fasi di gestione delle deiezioni, dalla stalla allo stoccaggio, che definiscono i confini della LCA, escludendo pertanto la fase alimentare e quella di utilizzo agronomico delle deiezioni. Più in particolare, per la fase di trattamento delle deiezioni, sono state fatte tre ipotesi: stoccaggio semplice (situazione comune in molti allevamenti italiani); digestione anaerobica seguita dallo stoccaggio; digestione anaerobica seguita da un trattamento spinto di nitro-denitro (con impianto MBR "Membrane Bio-reactor" seguito da Osmosi Inversa) rivolto alla riduzione dell'azoto complessivamente contenuto nelle deiezioni. Attraverso la metodica LCA è stato possibile mettere a confronto i tre metodi mediante la caratterizzazione degli output in effetto serra, acidificazione e eutrofizzazione.

I risultati ottenuti mostrano come il semplice stoccaggio risulti inefficace a ridurre o eliminare l'impatto ambientale; la digestione anaerobica riesca a ridurre e controllare le emissioni di metano e a produrre energia elettrica e termica; il terzo metodo, nonostante la forte richiesta energetica, sopperita in parte dall'auto-produzione, consente di ridurre

le emissioni di ammoniaca in atmosfera, di contenere gli apporti azotati al terreno e di risparmiare acqua.

Altro importante obiettivo raggiunto con questo lavoro è la predisposizione di un approccio metodologico, estendibile ad altri allevamenti, che coniuga i principi ispiratori della normativa IPPC con quelli della LCA.

Abstract

Italian agriculture, up to the '50, has not the problem of management of manure, since in the past effluent was used to fertilize fields.

With the diffusion of mechanization, the use of animals for work disappeared and as well the small farms, homogeneously spread over the territory. In that period specialized farms, before almost unknown, started to appear, and for economic reasons they became larger and larger. The advent of specialized zootechny, and in particular of the “landless” farm, established the breakdown of the land-farm connection, pillar of traditional agriculture, which had been founded on the concept of conservation and reintegration of the land fertility, through the constant supply of organic matter and nutrients contained in the manure. Symbols of this new way of doing agriculture are then chemical fertilisers and slurries, the latter being an expression of the modern techniques of housing.

The awareness of the growing imbalance between land and farming, together with stricter and stricter norms (Kyoto Protocol, Nitrate directive, IPPC etc.) induces farmers and technicians to modify the entire waste management system in order to turn the slurry problem into a resource.

In this work we deal with the abovementioned issues by writing an environmental balance, according to the methodology of LCA (Life Cycle Assessment).

In particular, we use data from a real dairy farm. We compare the farm-to-storage management of animal waste, without the alimentary phase and the agronomic utilization of the slurry.

Farm and storage define the boundary of LCA.

Three hypotheses have been formulated for the waste treatment: simple storage (common situation in the Italian farm); anaerobic digestion followed by storage; anaerobic digestion followed by nitrification and denitrifying treatment (with Membrane Bio-reactor followed by Inverse Osmosis) to reduce the amount of nitrate contained in the slurry. Through the LCA, it has been possible to compare the three methods by characterizing their outputs in terms of global warming, acidification and eutrophication.

The results obtained show how the simple storage is not capable to decrease the environmental impact; the anaerobic digestion can reduce and control methane emissions and it can be used to produce electric and thermal energy; the third method, despite the large amount of energy needed, allows to reduce the ammonia emission in the atmosphere, to contain the nitrogen injection in the land and allows water saving.

Note moreover that part of the required energy can be supplied by self-production.

Another important contribution of this work is the arrangement of a methodological approach that combines the principle of the IPPC with the LCA and that can be easily extended to other farms.

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Evoluzione generale della zootecnia italiana

Nell'agricoltura italiana fino agli anni '50 non esisteva il problema della gestione delle deiezioni zootecniche. Infatti le aziende, in gran maggioranza di piccola o media dimensione, disponevano di un allevamento per la necessità di avere animali da lavoro. I pochi allevamenti di notevole dimensione erano situati in aziende grandi, con una produzione autosufficiente per gli animali.

Con l'evento della diffusione della meccanizzazione, gli animali da lavoro scomparvero e di conseguenza scomparvero anche i piccoli allevamenti. Incominciò anche ad essere facile reperire mangimi al di fuori dall'azienda e così iniziarono a svilupparsi allevamenti di notevoli dimensioni su terreni di modesta estensione. Dopo la Seconda Guerra Mondiale incominciò ad aumentare la domanda di generi alimentari e la PAC, per favorire l'aumento dell'offerta, sostenne i prezzi e la vendita favorendo la specializzazione e l'intensificazione. Nacquero così tre tipi di agricoltura: zootecnica intensiva¹, agricoltura intensiva e agricoltura marginale (quest'ultima soprattutto nelle aree di montagna dove i costi di produzione erano più elevati e dove si era lasciato spazio al turismo che aveva comportato un abbandono, un degrado e un depauperamento del passaggio). Questo cambiamento portò alla rottura della terra-allevamento, pilastro dell'agricoltura tradizionale, basata sui concetti della reintegrazione e della conservazione della fertilità del terreno attraverso un costante apporto di sostanza organica e di elementi nutritivi provenienti dalle deiezioni zootecniche.

Di conseguenza sono stati realizzati nuovi allevamenti di grande dimensione inseriti in aziende agricole di estensione relativamente piccola che utilizzano alimenti per il bestiame di provenienza per lo più extra-aziendale comportando un aumento del flusso di materia

¹unità produttiva nella quale i cicli produttivi sono caratterizzati da una particolare intensificazione nei *tempi* (intensificazione dei cicli), nei *modi* (accentuata pressione alimentare) e nei *mezzi* (adozione di attrezzature e modalità di gestione in grado di soddisfare i primi due).

e energia all'interno dell'allevamento. In generale, in tutti i paesi ad agricoltura sviluppata, si sono affermate le aziende agricole specializzate nelle produzioni vegetali o quelle animali.

I due prodotti simbolo del nuovo modo di fare agricoltura "sviluppata" sono i concimi chimici e i liquami. I primi sino a non molto tempo fa disponibili a prezzo contenuto mentre i secondi, tipica espressione degli allevamenti intensivi, facili da produrre e movimentare, ma costosi da conservare e utilizzare in modo razionale e quindi sovente considerati scomodi rifiuti.

Negli allevamenti zootecnici, in questo modo, è nata meno l'esigenza di avere estensioni elevate per coltivare alimento per il bestiame ma una più grave preoccupazione esplosa specialmente negli ultimi anni relativamente allo stoccaggio e alla eliminazione dei reflui prodotti. Come vedremo da questo elaborato, i reflui, se ben gestiti, possono divenire utili materie prime da integrare nel ciclo produttivo di un'azienda agricola. Le deiezioni apportano elementi nutritivi che consentono di diminuire o addirittura eliminare i concimi chimici e quindi le materie prime e l'energia necessarie alla loro produzione.² [1]

I fertilizzanti chimici vengono però preferiti di gran lunga a quelli organici per la loro forma fisica e il contenuto di sostanza secca che comporta una riduzione dei volumi e dei costi di stoccaggio, per la sicurezza dell'unità fertilizzante contenuta (aspetto molto variabile nei liquami/letame), per i minori problemi di distribuzione (odori sgradevoli, calpestamento etc.), per la mancanza di vasche di stoccaggio e rispetto di dimensionamento nonché di maturazione e periodi di utilizzazione e in ultimo per la scarsa accettabilità dei reflui zootecnici come efficaci concimanti.

Il rapporto allevamento-ambiente, può essere rappresentato da quattro componenti (vedi figura 1.1), identificato da Christensen il quale, negli anni '70 aveva già chiaramente delineato le componenti del sistema, obiettivi e i modi di risoluzione. Le quattro componenti sono:

- l'allevamento, luogo in cui le deiezioni vengono prodotte;
- le strutture di stoccaggio, dove le deiezioni, dopo un eventuale trattamento e/o trasformazione, vengono accumulate in attesa di essere distribuite;
- i mezzi di trasporto e distribuzione, che, scelti prevalentemente in funzione della distanza allevamento-terreno, rappresentano forse il più importante dei "colli di bottiglia" del sistema;
- i terreni, entità che fungono da recapito a quantità di reflui temporalmente e volumetricamente definite.

²per produrre fertilizzante infatti serve energia fossile con un rilascio di C nell'atmosfera per kg di unità fertilizzante di 1,5 il peso del combustibile fossile.

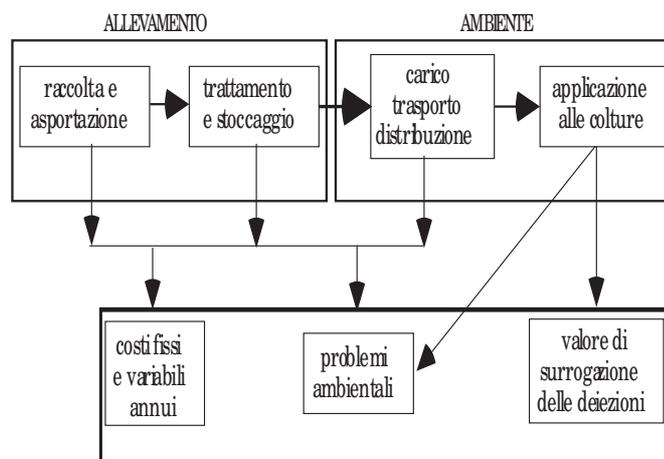


Figura 1.1: Rapporto allevamento ambiente

1.1.1 Situazione agricola a confronto tra Italia, Olanda e Francia

Per meglio comprendere la situazione agricola in Italia dei giorni nostri possiamo confrontarla con altri stati in cui il settore caseario assume una notevole rilevanza, come la Francia e l'Olanda. A tale scopo i tre stati sono messi a confronto nella Tabella 1.1. I valori riportati sono dati ufficiali diffusi dalla FAO[2] e dalla EDF[3]. Il numero di capi bovini, di vacche da latte, il numero di capi per superficie, la produzione di latte sono stati elaborati nel 2006, [2] così pure per la produzione nazionale media di latte capo per lattazione con valore del 2002 [3] e grasso e proteina dati del 2004 [2].

Da questo confronto notiamo immediatamente che i tre stati hanno situazioni completamente diverse: la Francia ha una grande estensione di terreni, l'Olanda ha estensioni molto ridotte, mentre l'Italia si colloca a metà tra le due. Ciò dipende dalle dimensioni dello stato. Si può notare però che la superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile per singolo stato è proporzionalmente uguale.

L'area destinata al pascolo è maggiore in Italia e Francia rispetto l'Olanda. Questo però non deve trarre in inganno perché il termine include anche aree montane inutilizzabili per l'allevamento.

In Francia l'utilizzo di pascolo montano è molto comune e sostenuto dal governo [4]. In Italia invece non c'è un elevato profitto se non per la produzione di prodotti DOP a cui viene riconosciuto un legame ambiente-prodotto che favorisce la valorizzazione economica. Un altro parametro interessante è il numero di vacche per SAU: in Olanda questo è otto volte maggiore a quello degli altri due stati. Una delle ragioni è la mancanza di montagne e di aree svantaggiate che favorisce un'alta concentrazione di uomini ma anche di animali. In Italia e Francia questo non è possibile.

Sempre analizzando la tabella, possiamo notare che l'Italia e l'Olanda hanno la stessa

Tabella 1.1: Situazione agricola in Italia, Olanda e Francia

Parametri	Italia	Olanda	Francia	Fonte
LAND USE (1000 ha)				
Land area ⁽¹⁾	29.411	3.388	55.010	FAOSTAT 2005
Agricultural area ⁽²⁾	14.694	1.921	29.569	FAOSTAT 2005
Arable land ⁽³⁾	7.744	7.908	18.507	FAOSTAT 2005
Permanent crops ⁽⁴⁾	2.539	33	1.128	FAOSTAT 2005
Permanet pasture-meadows ⁽⁵⁾	4.411	980	9.934	FAOSTAT 2005
Capi bovini (Capi)	6.255.000	3.746.000	19.417.861	FAOSTAT 2006
Numero di bovini da latte (Capi)	1.860.180	1.433.200	3.883.840	FAOSTAT 2006
Vacche da latte/agricultural area (Capi/ha)	0,12	0,74	0,13	
Produzione di latte bovino (t)	10.216.432	10.531.800	24.194.707	FAOSTAT 2006
Produzione nazionale capo/lattazione (kg)	8.027	8.412	7.919	EDF 2002
Grasso (%)	3,7	4,4	4,1	FAOSTAT 2004
Proteina (%)	3,3	3,5	3,4	FAOSTAT 2004

Per le voci riguardanti Land use raccolte nel 2005 verrà data una breve definizione di seguito [2]:

- (1) Land area (1.000 ha): area totale escludendo l'area dei corpi d'acque interni;
- (2) Agricultural area (1.000 ha): la somma di Arable Land, Permanent Crops and Permanent Pasture;
- (3) Arable land (1.000 ha): terreno per colture temporanee di durata di vita meno di un anno;
- (4) Permanent crops (1.000 ha): terreno per colture temporanee di durata più di un anno di vita;
- (5) Permanent pasture (1.000 ha): terreno usato in modo permanente (5 anni o più). Incluso anche foresta e bosco.

produzione di latte ma con differente concentrazione geografica; in Italia la produzione è concentrata soprattutto nel Nord (81%) mentre in Olanda è abbastanza omogenea su tutto il territorio.

In conclusione le maggiori differenze tra queste tre nazioni sono determinate dall'ambiente, dal clima e dall'importanza data dalla classe politica al settore primario che si manifesta con alcune sovvenzioni e leggi atte a mantenere il tradizionale settore per le future generazioni [5].

1.2 Problematiche ambientali degli allevamenti zootecnici

Gli effetti del rilascio di sostanze su aria, acqua, suolo e ambiente, derivanti dall'attività zootecnica sono determinati principalmente dalla presenza e dalla modalità di gestione degli effluenti. I reflui zootecnici rappresentano infatti la quota preponderante di inquina-

mento negli allevamenti.

I nutrienti in parte vengono trasferiti ai prodotti di origine animale (latte, carne etc...) mentre in parte vengono eliminati tramite le deiezioni. Dalle deiezioni abbiamo emissioni di composti di azoto (ammoniaca e ossidi di azoto) e di zolfo e lisciviazione di fosforo che viene trattenuto dai colloidali presenti nel suolo in quanto è poco mobile e volatile, azoto che invece è molto mobile e che, aiutato dall'acqua, può raggiungere la falda freatica, acqua, ed infine metalli che si comportano come il fosforo (figura 1.2).

- ARIA:

Dall'allevamento e dai sistemi di trattamento/conservazione delle deiezioni si producono emissioni di CH_4 (metano) prodotto dalla digestione ruminale più deiezioni, di NH_3 (ammoniaca) derivante dalla decomposizione deiezioni e di CO_2 (anidride carbonica) come risultato dell'attività di respirazione degli animali e delle fermentazioni a carico delle deiezioni, oltre che dall'uso di energia fossile per il funzionamento dei macchinari aziendali.

Con riferimento alla CO_2 , solo queste ultime sorgenti di emissioni contribuiscono, ad aumentarne la concentrazione nell'atmosfera, dato che quella prodotta dagli animali e dalle fermentazione non danno variazioni al sistema.

Tra i fattori di emissione si devono considerare anche gli odori, i quali di per sé, non danno problemi ambientali ma solo tensioni e critiche da parte degli abitanti delle zone residenziali prossime agli allevamenti.

Dallo spandimento, infine, si producono perdite per volatilizzazione di NH_3 e N_2O (protossido di azoto) oltre che odori sgradevoli.

- ACQUA:

Le fasi di allevamento e stoccaggio comportano la produzione e il rilascio di sostanza organica, nutrienti e microrganismi, talvolta patogeni, nelle acque superficiali e sotterranee con possibili fenomeni di eutrofizzazione [6].

Quando le deiezioni zootecniche vengono sversate nei corsi d'acqua provocano un'aumento della crescita algale. Questa iperfertilizzazione dei corpi idrici con sali minerali (soprattutto azoto e fosforo) aumenta la proliferazione algale che a lungo andare provocano uno stato di anossia/ipossia (minor disponibilità di ossigeno). Si assiste successivamente ad una moria della vegetazione, con una diminuzione della variabilità biologica. Altri aspetti, che ne conseguono, sono maggiori costi di potabilizzazione, peggioramento degli aspetti organolettici, aumento di tossine prodotte da varie specie di alghe, che riducono l'uso di acqua.

- SUOLO:

Durante la fase di allevamento e stoccaggio di liquami si verifica un accumulo di metalli pesanti, rame e zinco, che possono venire aggiunte alle razioni per migliorare

le prestazioni degli animali (specialmente negli allevamenti di suini) e di sostanze antibiotiche. La quota trattenuta dall'animale è molto modesta pertanto la maggior parte viene escreta nel terreno. Anche nello spandimento di reflui c'è un accumulo di metalli pesanti e sali (fosfati), una locale acidificazione e un eccessivo apporto trofico.

- **AMBIENTE E PAESAGGIO:**

La costruzione di strutture di stoccaggio comporta una modificazione dell'assetto ambientale. Dallo spandimento dei reflui può conseguire una perdita degli habitat poveri di nutrienti e un imbrattamento della vegetazione.

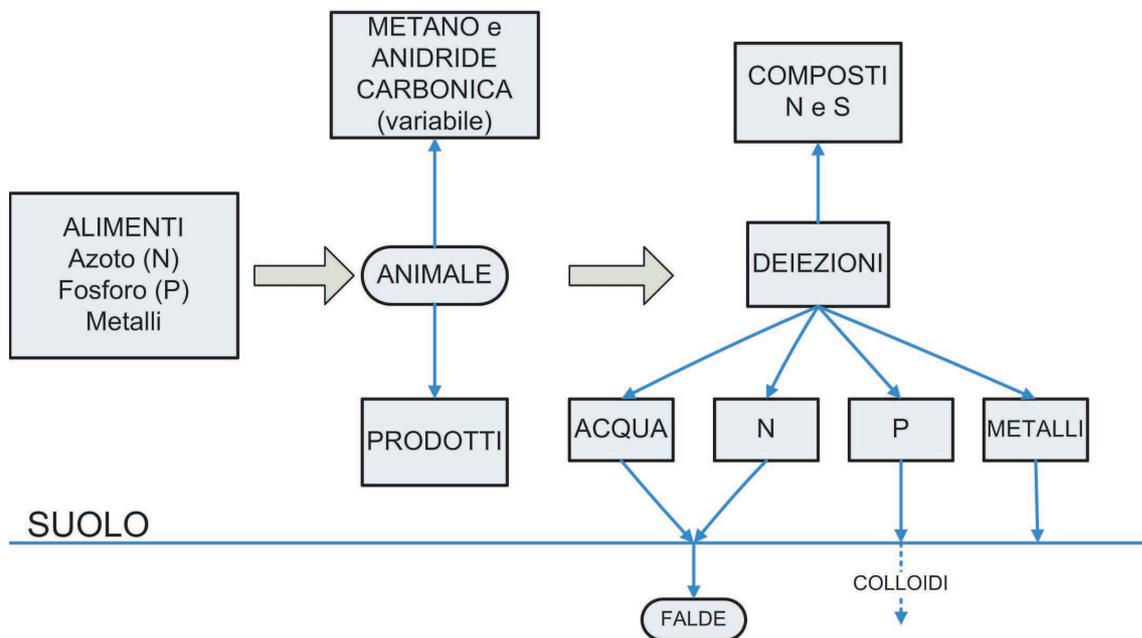


Figura 1.2: Flusso di nutrienti dell'azienda zootecnica

1.2.1 Effetto serra

L'emissione di gas serra da parte delle aziende zootecniche contribuisce al riscaldamento globale e quindi, a causa dello scioglimento dei ghiacci, all'innalzamento del livello del mare. Si stima che l'innalzamento marittimo sia di 1-1.5 mm/anno; questo può favorire il verificarsi di inondazioni, con effetti diretti sulla produzione agricola. Le precipitazioni medie annue non subiscono variazioni sensibili, mentre è cambiata la frequenza col quale si verificano. Si hanno infatti maggiori precipitazioni invernali e siccità nel periodo estivo. Crescente è la desertificazione nelle aree del Mediterraneo e l'evapotraspirazione nel Sud Europa con minor disponibilità idrica per l'irrigazione estiva.

I cambiamenti climatici comportano impatti potenzialmente molto elevati: nel Nord Eu-

ropa si è verificato un aumento della stagione produttiva (a causa del clima sempre più caldo) favorendo le potenzialità agricole mentre nel Sud Europa c'è un maggior rischio di eccedere la soglia massima di temperatura per diverse colture comportando una minor versatilità agricola e un maggior rischio di perdite di produzione [7].

È ormai accertato che le emissioni provenienti dal settore agro-zootecnico contribuiscono a favorire l'effetto serra. Con l'accordo di Kyoto, sottoscritto anche dall'Italia l'11 dicembre 1997 ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005, si sta cercando di ridurre il riscaldamento globale cercando di quantificare e limitare i gas serra emessi in atmosfera per ogni settore. Con riferimento alla figura 1.2 si può notare come l'animale utilizzi energia dall'alimento (azoto, fosforo e metalli) attraverso la loro combustione, che a sua volta comporta la produzione di anidride carbonica (come già scritto, questo è un ciclo in cui non abbiamo variazioni di concentrazione di CO_2 nel sistema) e di metano.

Mentre il metano ha un'influenza diretta sull'effetto serra ed è prodotto soprattutto dalla digestione di foraggi fibrosi.

I gas serra di origine zootecnica sono quindi anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O).

- Anidride carbonica (CO_2): gli animali non partecipano all'aumento della concentrazione di CO_2 nell'atmosfera perchè, come si può vedere dalla figura 1.3, è un ciclo senza variazioni.

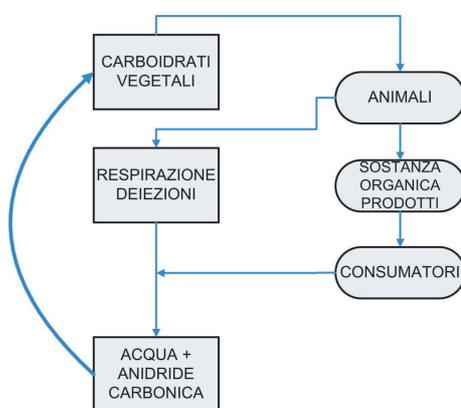


Figura 1.3: Ciclo dell'anidride carbonica nell'attività zootecnica

- Metano (CH_4): è un gas con un notevole impatto sullo strato di ozono che può, reagendo, causare una riduzione della capacità di assorbimento dei raggi UV provenienti dal sole determinando per l'uomo problemi di eritemi, invecchiamento della pelle, problemi oculari e cancerogenicità a seguito di deplezione della fascia di ozono stratosferico ("buco dell'Ozono").

Più del 90% del metano prodotto viene emesso con le fermentazioni ruminali. L'entità varia dal rapporto acido acetico su acido propionico. La formazione di acido

acetico favorisce maggiormente la produzione di metano rispetto alla formazione di acido propionico. Il metano inoltre rappresenta per la “macchina animale” una perdita di energia stimata tra il 5 e il 15%.

L'aumento della capacità produttiva per capo permette una sensibile riduzione dell'emissione di metano su unità di prodotto [29] (figura 1.4).

emissione individuale di CH_4 in fx del livello produttivo (♦) ed emissione complessiva di CH_4 di una o più vacche (■) a parità di livello produttivo (40 kg/d)

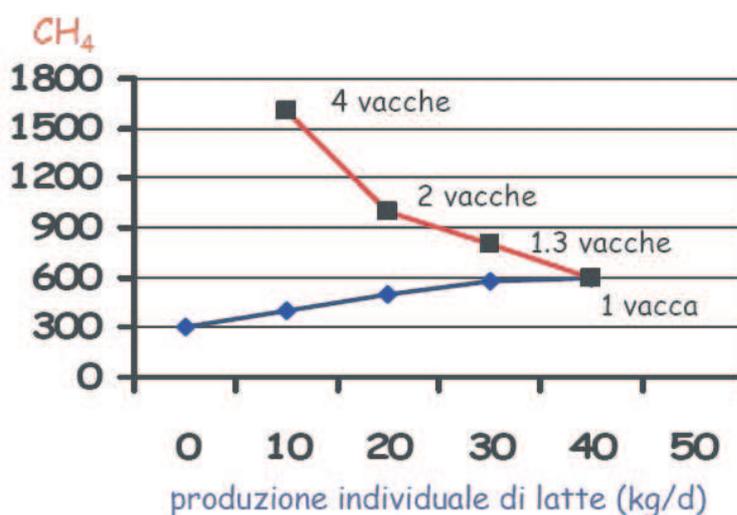


Figura 1.4: Emissione di metano e livello di produzione

- Protossido di azoto (N_2O): viene emesso principalmente tramite le deiezioni animali (stalle, vasche di stoccaggio e distribuzione sul suolo) o a seguito di applicazione di fertilizzanti chimici che producono N_2O da altri composti azotati come NH_3 e nitrati. Il comparto agricolo contribuisce con il 52% dell'emissione di N_2O .

Dalla figura 1.2 troviamo anche l'ossido di zolfo (SO_2) e il protossido di azoto (N_2O) che danno luogo al fenomeno dell'acidificazione delle acque mediante la formazione di piogge acide che vanno a inquinare i corsi d'acqua.

1.3 Brevi cenni su alcune norme di carattere ambientale

1.3.1 La legislazione sulle acque

Risulta importante soffermarsi sulle legislazioni intraprese dall'Unione Europea e dalla Italia per la salvaguardia di un bene molto prezioso come l'acqua. Le leggi adottate sono

essenziali per garantire questo bene anche alle generazioni future.

La prima legge importante in materia di tutela dell'ambiente, riguardante le acque è stata la **Legge 319/76 c.d. (legge Merli: “Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”)**. Con questa legge vennero disciplinati per la prima volta in modo organico gli scarichi di qualsiasi tipo in tutte le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, nonché in fognature, sul suolo e il sottosuolo. Venne stabilito il principio per cui tutti gli scarichi devono essere autorizzati. Vennero attribuite allo Stato funzioni di indirizzo e criteri generali, mentre alle Regioni venne demandata l'emanazione di normative specifiche di riferimento per gli scarichi degli insediamenti civili e per la protezione delle acque. Vennero dettati inoltre i requisiti qualitativi per ammettere lo scarico degli insediamenti produttivi in acque superficiali e fognature e venne prevista, relativamente allo smaltimento dei liquami sul suolo, l'emanazione di norme tecniche generali da definire successivamente. Tale legge, però, stabiliva un'unica disciplina degli scarichi con un'applicazione rigida e uniforme di valori limite degli inquinanti, senza tener conto in alcun modo del tipo e dell'uso del corpo recettore destinatario. Inoltre non definiva espressamente i requisiti degli scarichi stessi, che sono stati identificati in seguito.

L'anno successivo venne emanata la delibera del **CM 4/2/1977** che riguardava le norme generali per lo smaltimento dei liquami sul suolo. Il recapito sul suolo era ammesso non a fine di puro smaltimento, ma come mezzo atto ad assicurare la fertilizzazione del suolo agricolo, con positivi riflessi sull'agricoltura e senza procurare danno alle acque superficiali e profonde al suolo ed alla vegetazione. La quantità di liquami ammissibili per l'utilizzazione agronomica era quella corrispondente ad un carico aziendale non superiore, in origine, a 40 q/ha di peso vivo di bestiame.

L'Unione Europea emanò una direttiva, la **Direttiva Nitrati 91/676/CEE**, in cui venivano prescritte agli Stati Membri le azioni da intraprendere per identificare il problema dell'inquinamento delle acque sul proprio territorio e per porvi degli adeguati rimedi.

La Direttiva Nitrati 91/676/CEE ha come obiettivo (**art.1**) la protezione della acque da inquinamenti da nitrati provenienti da fonti agricole. Gli Stati Membri (**art.3**) devono individuare le acque inquinate e quelle che potrebbero essere oggetto di inquinamento, e designare le zone vulnerabili, rivedendole almeno ogni 4 anni. Inoltre (**art.4**) devono fissare codici di buona pratica agricola e predisporre un programma comprensivo di disposizioni per la formazione e l'informazione degli agricoltori, per promuovere l'applicazione dei codici. Oltre a ciò (**art.5**) essi devono prevedere dei programmi d'azione (specifici piani di intervento regolamentativi per la corretta gestione degli effluenti zootecnici e dei concimi) per quanto riguarda le zone vulnerabili designate, a seconda delle diverse zone o parti di zone, e attuare programmi di controllo. Infine (**art.6**), eseguire monitoraggi della concentrazione di nitrati nelle acque dolci, e dello stato eutrofico delle acque dolci superficiali, estuarie e costiere.

Nonostante la perentorietà temporale della direttiva in oggetto, l'Italia ha provveduto solo nel corso del 2006 a concludere tutti gli atti sopra citati, accumulando un ritardo che ha indotto la Commissione ad avviare la procedura di infrazione **n.2006/2163**.

In Italia la Direttiva Nitrati è stata recepita con la normativa del 1999, Decreto Legislativo 152 poi modificata nel 2000 con il decreto 258.

Il **Decreto legislativo 152/99** ha assunto un ruolo di primaria importanza in quanto con la sua emanazione sono state abrogate numerose norme (tra le quali la c.d. Legge Merli).

La nuova legge pone in capo al “titolare” dello scarico nuovi obblighi con importanti differenze rispetto alla disciplina preesistente basata sulla Legge Merli. Essa si poggia su due presupposti fondamentali: tutti gli scarichi debbono essere autorizzati (concetto presente anche nella vecchia normativa), e devono rispettare valori limite di emissione stabiliti in funzione degli obiettivi di qualità dei corpi idrici (concetto del tutto nuovo e sul quale è incentrata una serie di iniziative volte a capire prima la qualità dei corpi idrici ed il loro uso e poi ad autorizzare eventuali scarichi in detti ricettori). Quest'ultimo concetto era stato in realtà già introdotto dalla **Legge n. 183/89** e dal **D.Lgs. n. 130/92**, ma di fatto non era stato mai applicato. Il decreto specifica finalmente un termine per il rilascio delle autorizzazioni (90 giorni), termine non previsto dalla Legge 319/76, e quindi lasciato alla definizione da parte delle singole amministrazioni.

Il legislatore ha previsto modalità di applicazione che dovrebbero essere in grado di evitare complicazioni sia agli enti pubblici che alle aziende private. In particolare prescrive che le Regioni possono adeguarsi al decreto con un tempo non inferiore a due anni, che le norme regolamentari e tecniche emanate ai sensi delle disposizioni abrogate restano in vigore, ove compatibili con gli allegati al presente decreto e fino all'adozione di specifiche normative in materia.

In seguito è stato emesso il **Decreto Legislativo 258/2000** che apporta modifiche e integrazioni al D.lgs. n° 152/99 relativamente alle competenze, le aree sensibili, la salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, il bilancio idrico, la temporaneità delle concessioni per il prelievo delle acque, la disciplina degli scarichi, l'autorizzazione al trattamento di rifiuti negli impianti di trattamento di acque reflue urbane, l'utilizzazione agronomica, la domanda di autorizzazione agli scarichi di acque reflue industriali, le sanzioni amministrative e penali.

Il decreto legislativo 152/99 è stato sostituito con il **DLgs. 152/2006** “Norme in materia ambientale” ed è entrato in vigore dal 29 aprile 2006. Apporta delle modifiche in materia di rifiuti e bonifica dei siti contaminati, procedure di VIA (Valutazione di Impatto Ambientale), VAS (Valutazione Ambientale Strategica) e IPPC (Autorizzazione Ambientale Integrata), difesa del suolo e lotta alla desertificazione, tutela delle acque dall'inquinamento e gestione delle risorse idriche, tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera

e, infine, di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente. Dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE a livello nazionale è stata emanato il **Decreto Ministeriale del 7 aprile 2006**. Il DM 7/4/2006 definisce i criteri e le norme tecniche per la disciplina regionale nell'utilizzazione agronomica degli effluenti dell'allevamento. La Giunta regionale del Veneto, con la **DGR 7 agosto 2006, n.2495** "Recepimento regionale del DM 7 aprile 2006" ha fissato il programma d'azione per le zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola del Veneto, ha regolamentato le attività di spandimento dei reflui sia per le zone vulnerabili che per le rimanenti aree agricole del Veneto. Con la **DGR 7 agosto 2007, n.2439**, è stato completato il quadro disciplinare della Regione del Veneto per il pieno rispetto degli obblighi fissati dal D.M. 7 aprile 2006.

Nella nostra regione sono state individuate le seguenti zone vulnerabili:

- il territorio della provincia di Rovigo e dal territorio del comune di Cavarzere che sversa nel fiume Po;
- il Bacino sversante nella Laguna di Venezia;
- la fascia dei 100 comuni;
- le zone di alta pianura dove c'è la ricarica degli acquiferi (risorgive);
- la Lessinia per vincoli di natura ambientale (parco).

In tali zone la riduzione a 170 kg di azoto per ettaro di superficie agricola della quantità di azoto di origine zootecnica apportabile al terreno comporta modifiche gestionali, organizzative e strutturali costose per le imprese, tanto che potrebbero compromettere la convenienza economica al proseguimento dell'attività.

In aiuto agli agricoltori il DM 7/4/2006 prevede la possibilità per l'allevatore di procedere ad una valutazione giustificata delle escrezioni di azoto dalla propria azienda qualora non ritenesse idonei i valori standard di escrezione.

Questa implementazione nella pratica di allevamento potrà:

1. valorizza le situazioni in cui l'escrezione di azoto è già al di sotto dei valori standard nazionali;
2. promuove strategie di contenimento delle escrezioni già in fase di produzione;
3. ridurre la necessità di ricorrere ad altre soluzioni di gestione-trattamento degli effluenti più complesse e impegnative, in termini economici e gestionali, e meno sicure in riferimento alle possibili emissioni di potenziali inquinanti nelle diverse componenti ambientali (aria, acqua e suolo);

4. Fornire elementi quantitativi (contenuti di azoto e fosforo) necessari per la caratterizzazione dei reflui di allevamento al fine di valorizzare le proprietà fertilizzanti e ammendanti e promuoverne l'impiego in sostituzione dei fertilizzanti chimici.

1.3.2 La direttiva IPPC

Per concludere vorrei includere in questo riassunto di norme caratterizzanti la zootecnica con la **direttiva IPPC 96/61/CEE** "Integrated pollution prevention and control" che stabilisce una serie di norme comuni per il rilascio delle autorizzazioni alle installazioni industriali in Europa.

Cosa è la IPPC o prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento? Direttiva Comunitaria sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento recepita in Italia con il Decreto Legislativo del 4 agosto 1999 n°372 ed il Decreto Ministeriale del 23 novembre 2001.

L'acronimo IPPC significa "Integrated Pollution Prevention and Control", e riguarda la prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. La Direttiva IPPC è stata recepita in Italia con i seguenti atti legislativi:

- Decreto Legislativo n° 372 del 4 agosto 1999 (D.Lgs. 372/99) "Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n° 252 del 26/10/1999 (D.Lgs.372/99).
- Decreto Ministeriale del 23 novembre 2001 (DM 23/11/01) pubblicato sulla G.U. del 13 febbraio 2002.(Supplemento ordinario n.29).
- Decreto Ministeriale del 26 aprile 2002 (DM 26/4/2002) "Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10 del decreto legislativo n. 372 del 1999", pubblicato in G.U. 31 maggio 2002.

Lo scopo del D.Lgs. 372/99 è quello di minimizzare l'inquinamento causato dalle varie sorgenti situate in tutta la UE, richiedendo per tutti i tipi di impianti elencati nell' Allegato 1 della Direttiva la necessità di ottenere autorizzazioni integrate dalle autorità dei vari paesi, in assenza delle quali non potranno operare. Il concetto di autorizzazione integrata implica che le autorizzazioni devono tenere in conto dell'insieme delle prestazioni ambientali degli impianti, ovvero delle emissioni nell'aria, degli impatti sulle acque, sul suolo, della produzione dei rifiuti, dell'impiego di materie prime, dell'efficienza energetica, del rumore, della prevenzione degli incidenti, della gestione dei rischi, ecc.

Le autorizzazioni dovranno essere basati sul concetto delle Best Available Techniques (BAT), definite nell'articolo 2 della del D.Lgs. 372/99.

Cosa sono le BAT?

In accordo con la definizione ufficiale le BAT sono le "migliori tecniche disponibili", ovvero la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base

dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso. In particolare si intende per:

- *migliori*, le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *tecniche*, sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *disponibili*, le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte in ambito nazionale, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

Nel determinare le migliori tecniche disponibili, occorre tenere conto in particolare degli elementi di cui all'allegato IV del D.Lgs. 372/99. In molti casi le BAT implicano miglioramenti ambientali estremamente significativi. Poiché in alcuni casi gli adeguamenti degli impianti alle BAT possono comportare per le aziende costi significativi, e potrebbero avere influenze significative su molti lavori e quindi la Direttiva garantisce un periodo di ben 11 anni di transizione a partire dalla data di applicazione della Direttiva.

Quali sono le ragioni dell'introduzione dell'IPPC?

Anche se è indiscutibile che nell'ultima decade sono stati attuati notevoli miglioramenti nell'industria, per quello che riguarda le emissioni delle sostanze inquinanti, e che con gradualità le cause principali d'impatto ambientale si sono spostate dall'industria verso le cosiddette sorgenti diffuse d'inquinamento (come il consumo di sostanze chimiche per il traffico e per le attività domestiche), non si può certamente ancora affermare che tutte le modalità di produzione in vigore attualmente in Europa siano rispettose dei principi dello sviluppo sostenibile. Poiché i processi di produzione industriale rappresentano ancora una parte importante delle sorgenti dell'inquinamento complessivo in Europa (soprattutto per gli inquinanti come i gas-serra, le sostanze responsabili delle piogge acide, i composti organici volatili ed i rifiuti), appare molto importante ridurre ulteriormente il loro contributo alla "non sostenibilità".

Su questa strada è evidente che risulta più praticabile la decisione di cambiare le modalità di produzione di circa ventimila aziende piuttosto che cambiare le abitudini di consumo di centinaia di milioni di cittadini della UE. Un'altra ragione per stabilire regole autorizzative comuni sta nella volontà della UE di evitare il cosiddetto "dumping" ambientale, che potrebbe indurre le aziende a spostarsi da una parte della UE all'altra, dove i requisiti ambientali sono meno restrittivi [11].

Lo scopo della tesi presentata è sostanzialmente quella richiesta dalla direttiva IPPC anche se non ci sono delle norme specifiche per l'allevamento di bovini da latte.

Capitolo 2

La LCA come strumento per la valutazione dell'impatto degli allevamenti sull'ambiente

2.1 Il rapporto impresa ambiente

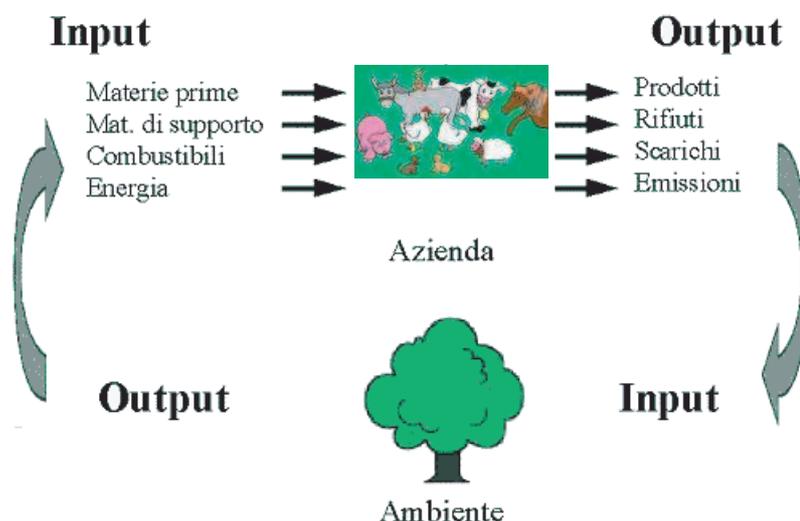


Figura 2.1: Rapporto impresa ambiente

Negli ultimi anni le imprese sono state sensibilizzate ai temi di natura ambientale. Ciò ha fatto nascere una collaborazione e un reciproco scambio tra le aziende al fine di migliorare gli accorgimenti a tutela dell'ambiente e nello stesso tempo valorizzare le risorse che ne derivano da esso.

Dall'ecosistema l'impresa preleva materie prime, combustibili, energia, ecc... definiti come input, necessari a far funzionare le varie unità produttive al suo interno per l'ambiente e

danno luogo di fatto ad un ciclo che connette l'azienda con l'ambiente (figura 2.1).

Lo sviluppo di un bilancio ambientale è lo strumento che permette all'impresa di avere una conoscenza più approfondita delle tematiche ambientali collegate con il loro sistema produttivo, in quanto consente di valutare le prestazioni produttive e permette di orientare le scelte manageriali e di controllo verso la diminuzione dei costi ambientali.

Di seguito verrà illustrato sinteticamente il concetto di bilancio ambientale soffermandoci in particolare su quelli di prodotto, quale la LCA.

2.2 Bilancio ambientale

Il bilancio ambientale è uno strumento che permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia ed energia e delle emissioni nell'ambiente e l'identificazione e la valutazione delle opportunità di diminuire questi impatti [8].

Fra i bilanci ambientali la LCA permette di valutare gli effetti che un prodotto può avere sull'ambiente nell'intero suo ciclo di vita ed ha come obiettivo quello di confrontare le prestazioni ambientali di prodotti fra loro alternativi per essere in grado di scegliere i meno gravosi sull'ambiente. Il concetto di LCA può essere usato per ottimizzare le prestazioni ambientali di un singolo prodotto.

Le seguenti organizzazioni internazionali hanno avuto (e hanno tutt'ora) un ruolo importante nello sviluppo e nell'applicazione della LCA:

- SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): è il forum scientifico internazionale della LCA;
- ISO (International Organisation of Standardization): ISO ha prodotto degli Standard per la LCA (Serie ISO 14040 e 14044);
- UNEP (United Nations Environmental Programme): l'UNEP ha concentrato l'attenzione sull'applicazione della LCA. È in atto una collaborazione con SETAC per la "life cycle initiative", il cui obiettivo è promuovere il cosiddetto "life cycle management" nelle imprese, individuare i metodi migliori nella valutazione dell'impatto e migliorare la qualità dei dati di LCA.

Le nuove edizioni delle norme internazionali ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 elaborate in seno all'ISO/TC 207¹ "Environmental management" e SC 5² "Life cycle assessment" sono state pubblicate dall'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) come norme UNI EN ISO in lingua inglese. Le due norme hanno l'obiettivo di facilitare il processo di

¹TC: Technical Committee

²SC: Subcommittee

valutazione degli effetti che un prodotto può avere sull'ambiente nell'intero ciclo di vita, incoraggiando in tal modo un più efficiente utilizzo delle risorse.

La UNI EN ISO 14040:2006 “*Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento*” fornisce in un quadro generale le pratiche, le applicazioni e le limitazioni dell'LCA, ed è destinato ad una vasta gamma di potenziali utenti e parti interessate, anche con una conoscenza limitata della valutazione del ciclo di vita.

La UNI EN ISO 14044:2006 “*Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Requisiti e linee guida*” è stata elaborata per la preparazione, la gestione e la revisione critica del ciclo di vita. Fornisce le linee guida per la fase di valutazione dell'impatto dell'LCA, la fase di interpretazione dei risultati, la valutazione relativa alla natura e la qualità dei dati raccolti.

Queste due norme sono state aggiornate per migliorarne la leggibilità ma inalterate nei requisiti e nei contenuti tecnici, le UNI EN ISO 14040:2006 e UNI EN ISO 14044:2006 sostituiscono le precedenti edizioni delle norme (UNI EN ISO 14040:1998, UNI EN ISO 14041:1991, UNI EN ISO 14042:2001 ed UNI EN ISO 14043:2001)[9].

2.3 Le fasi dell'LCA

Le quattro fasi dell' LCA rappresentate in figura 2.2 sono:

1. Definire l'obiettivo e lo scopo del LCA;
2. Life Cycle Inventory (LCI): corrisponde all'analisi dell'inventario, cioè quantificazione degli input e output che entrano e escono dal sistema analizzato;
3. Life Cycle Impact Assessment (LCIA): in cui viene eseguita la valutazione degli impatti del ciclo di vita ed il calcolo degli indicatori;
4. Life Cycle Interpretation and Improvement (LCII): che permette di interpretare i risultati e definire le aree di miglioramento.

2.3.1 Obiettivo, campo di applicazione e scelta dell'unità funzionale

In questa fase vengono definite:

1. le finalità dello studio;
2. l'unità funzionale;
3. i confini del sistema analizzato;
4. i dati necessari;

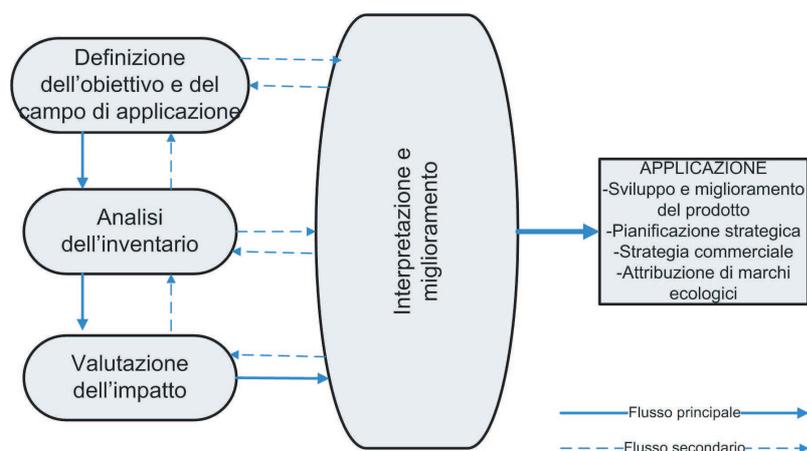


Figura 2.2: Le fasi di implementazione di una LCA

5. eventuali assunzioni;
6. le procedure di verifica.

Questa fase preliminare è indubbiamente critica in quanto determina tutta la successiva impostazione LCA.

Le finalità dello studio devono tenere presente le applicazioni previste, le motivazioni per effettuare lo studio e il campo di applicazione.

Il ruolo più importante, in questa fase, sarà la scelta dell'unità funzionale intesa come parametro cui riferire tutti gli elementi che compongono il bilancio ambientale del sistema in esame. La scelta dovrà essere fatta ricordando che per unità funzionale occorre intendere la prestazione quantificata e per questo misurabile e oggettivamente riscontrabile di un prodotto, da utilizzare come unità di riferimento in uno studio di LCA.

Verrà scelta l'unità funzionale che meglio descrive il sistema in linea con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio.

I confini del sistema analizzato determinano le unità di processo³ che devono essere incluse nello studio LCA.

Alla fine di questa fase si procederà al compito di revisione dei dati specificando le caratteristiche dei dati richiesti per poter raggiungere l'obiettivo e scopo dello studio LCA.

2.3.2 Inventario: LCI o Bilancio ambientale

Scopo di questa fase è quello di evidenziare tutti i flussi di input ed output riferibili alle diverse fasi relative al prodotto. È in questo secondo step (illustrato nella figura 2.3) che vengono contabilizzati i flussi fisici di materie prime, di emissioni e delle loro componenti.

³l'unità formante il sistema prodotto. Queste unità di processo sono collegate fra di loro da flussi di prodotti intermedi

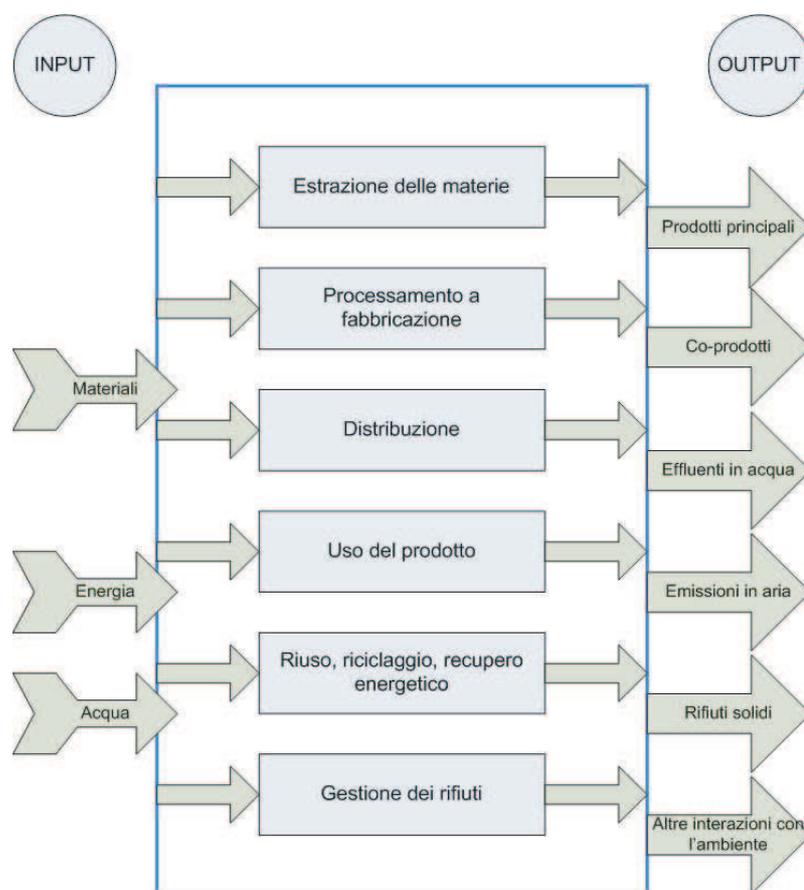


Figura 2.3: Inventario

Dalla definizione che troviamo nella ISO 14000⁴ è in questa fase che vengono “individuati e quantificati, flussi in ingresso e in uscita da un sistema-prodotto, lungo tutta la vita”. Verranno quindi identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati), di energia (termica ed elettrica) e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così al termine a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale. Per la redazione (figura 2.4) di quest'ultimo dovrà essere controllato la qualità dei dati in quanto è su quest'ultima che si fonda la validità e l'attendibilità di tutto lo studio di LCA.

I dati raccolti allora potranno essere distinti in 3 categorie:

- Dati primari (provenienti da rilevamenti diretti)
- Dati secondari (ricavati dalla letteratura come database e da altri studi)
- Dati terziari (provenienti da stime e da valori medi).

⁴serie di norme ISO che forniscono: una guida pratica per l'attuazione e miglioramento di un sistema di gestione ambientale; strumenti di valutazione degli aspetti specifici della propria gestione ambientale e le indicazioni pratiche per dare informazioni sugli aspetti ambientali di prodotti e servizi. Tali norme sono elaborate da uno specifico Comitato Tecnico ISO, il TC 207, e sono adottate dal CEN (European Committee for Standardization) a livello europeo



Figura 2.4: Schema per la redazione dell'inventario

Per assicurare che sia da giudicare buona l'attendibilità e la trasparenza dei dati occorrerà, come buona norma riportare:

- l'anno a cui si riferiscono le misurazioni;
- il territorio per il quale il dato è significativo;
- la tecnologia di riferimento;
- il tipo di campionamento fatto per ciascun dato riportato;
- il processo a cui è riferito il dato;
- i metodi di calcolo impiegati per ottenere valori medi;
- la varianza e le irregolarità riscontrate nella misurazione;
- i metodi usati per il controllo di qualità.

Per definire e valutare con un discreto grado di approssimazione il livello qualitativo dei dati impiegati per avviare un LCA potrebbe essere utile costruire una sorta di matrice in cui vengono individuati più dettagliatamente i dati.

Altro problema che può presentarsi durante lo sviluppo di questa seconda fase riguarda la ripartizione di consumi e impatti relativi a prodotti differenti generati da uno stesso processo produttivo. È evidente che accortezza sarà quella di cercare di conoscere nel dettaglio il processo produttivo così da poter attribuire ad ogni prodotto finale la quota spettante di materia prima, energia consumata e quindi anche gli impatti in aria, acqua e suolo. Quando ciò non risulta possibile, in quanto, ad esempio in uno stesso processo vengono lavorati più categorie di prodotti, si potrebbe ripartire consumi e relativi impatti:

- per via ponderale (quantità consumata assegnate in base al peso dei diversi prodotti -*allocazione*⁵ in peso dei coprodotti);
- in base al valore economico di ciascun prodotto - *allocazione per valore economico*;
- in funzione di importanza (= qualità + quantità + costo + rilevanza strategica) dei vari prodotti.

La conoscenza del processo e del sistema in esame, inoltre, implicherà la definizione di eventuali flussi di riciclo interni; questi potranno essere:

- ad **anello chiuso**, qualora il materiale recuperato, sottoposto a trattamento, venga rimesso a monte del processo produttivo. In questo caso evidentemente i consumi e gli impatti di andranno a ridurre, in quanto una stessa quantità verrà impiegata per più cicli produttivi e quindi ripartita su un numero maggiore di prodotti;
- ad **anello aperto**, quando il prodotto riciclato verrà immesso in un nuovo processo così che i benefici conseguenti al trattamento saranno “assorbiti” dal nuovo processo.

Oltre agli impatti relativi al processo dovranno essere disaggregati i dati riguardanti:

- impatti e consumi relativi all'EE (efficienza energetica) in entrata nel sistema chiarendo qual'è il contesto di riferimento (Regionale, Nazionale, Comunitario...) per poter valutare il mixing di combustibili che concorrono alla produzione del kW elettrico, l'efficienza globale del sistema ed i relativi impatti sull'ambiente.
- impatti e consumi relativi ai sistemi di trasporto. I prodotti possono essere trasportati in modi diversi con effetti diversi sull'ambiente.
- impatti e consumi relativi al sistema di smaltimento rifiuti.

⁵È l'assegnazione o divisione di un flusso comune in differenti parti di processo

2.3.3 Valutazione degli impatti

In questa fase dell'LCA tutti i dati d'inventario, in ingresso ed in uscita, vengono messi in relazione con gli impatti ambientali e valutati. Il risultato è un profilo della LCIA illustrato nella figura 2.5. Questo profilo può essere, a discrezione, ulteriormente elaborato attraverso la normalizzazione, raggruppamento e/o l'assegnazione di un peso.

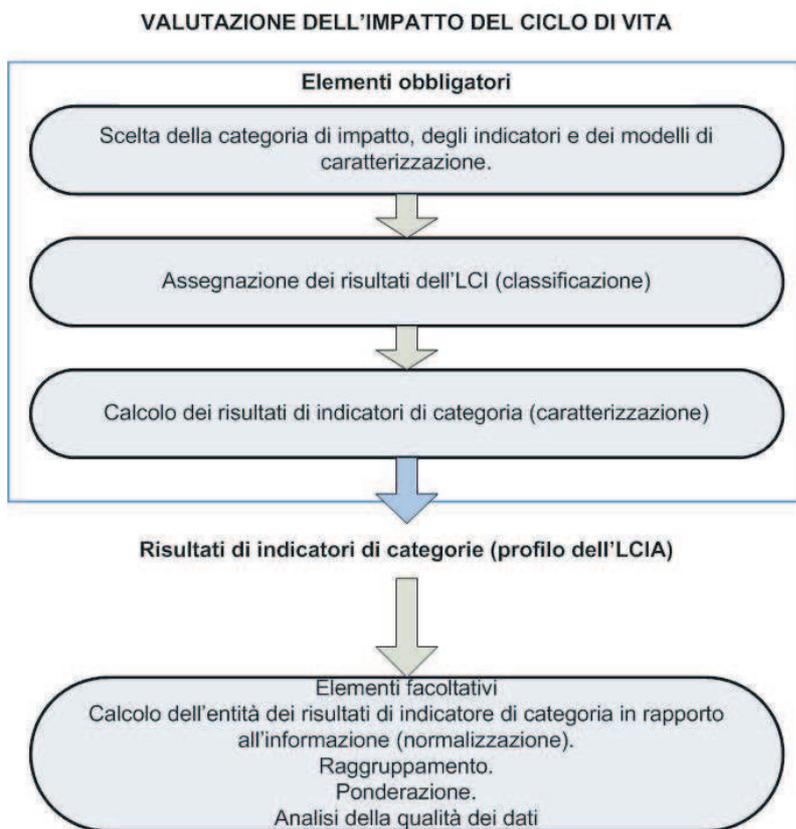


Figura 2.5: Valutazione dell'impatto ambientale

- La prima fase è quella in cui si documentano le scelte soggettive fatte, per esempio la selezione delle categorie d'impatto, gli indicatori di categoria e i modelli di caratterizzazione. Nella pratica questo significa scegliere un metodo di valutazione dell'impatto, per esempio EPS⁶, EDIP⁷ e eCo-Indicator '99⁸ dove le scelte sono già state compiute.

⁶Environmental Priority Strategies in Product Design. Metodo di origine svedese che ha lo scopo di valutare e pesare differenti tipi di impatto per rappresentarli come unico indice sintetico l'ELU (Environmental Load Unit) che rappresenta l'impatto negativo che la società sarebbe costretta a pagare per ritornare alla situazione precedente

⁷Environmental Design of Industrial Product. Metodo danese. È un approccio *mid-point* che prevede l'applicazione di fattori di peso sulla base di obiettivi ambientali politici fissati dal Governo Danese o da altri protocolli internazionali. Sito internet www.lca-center.dk

⁸È un metodo *damage-oriented*, esprime cioè gli impatti in tre macro-categorie di danno, che racchiudono

Identificando i problemi ambientali che sono rilevanti per il prodotto oggetto di studio si possono eliminare degli impatti inutili alla fine del ciclo di vita.

- La seconda fase è quella in cui si assegnano i risultati del LCI alle categorie di impatto (classificazione). Questa assegnazione comporta anche la scelta di un metodo di valutazione dell'impatto (indicatore di categoria). Questo comporta l'associare l'uso di risorse o il rilascio di un'emissione a problemi ambientali e richiede conoscenze scientifiche, tempo e risorse. È possibile raffinare la fase di classificazione del metodo di valutazione dell'impatto scelto utilizzando conoscenze su condizioni locali. La raffinazione del metodo deve comunque essere documentata per mantenere l'affidabilità.
- La terza fase è quella di calcolo degli indicatori di categoria (modello caratterizzazione). Questo calcolo viene fatto moltiplicando i risultati del LCI con i fattori di caratterizzazione. Questi fattori di equivalenza che si basano su studi scientifici sulle dimensioni del contributo di una determinata sostanza ad una categoria d'impatto in relazione ad una sostanza di riferimento. I fattori di caratterizzazione fanno parte del metodo di valutazione dell'impatto e possono essere adattati alle condizioni locali, ecc.

Il risultato di queste tre fasi è un profilo del LCIA, per esempio una quantificazione delle dimensioni dell'impatto ambientale dovuto al sistema di processi su ogni categoria d'impatto o sui risultati dell'indicatore di categoria come schematizzato nella figura 2.6.

2.3.3.1 Elementi facoltativi

Normalizzazione, raggruppamento e ponderazione sono tutti elementi opzionali che sono utilizzati per facilitare l'interpretazione dei risultati di LCIA. È essenziale che queste azioni siano documentate in modo trasparente affinché altri individui, organizzazioni e società possano avere diverse preferenze nel presentare i risultati e potrebbero voler normalizzare, raggruppare o ponderare in modo differente.

- Normalizzazione: i punteggi per ogni impatto possono essere normalizzati per rapportarli ad un riferimento e permettere di vedere i risultati in un contesto significativo.
- Raggruppamento: è l'aggregare diverse categorie d'impatto in differenti gruppi.
- Ponderazione: per ogni impatto ambientale viene assegnato un peso, che rappresenta l'importanza relativa dell'impatto. La ponderazione è la conversione del profilo ambientale in un unico punteggio. La ponderazione è un giudizio di valore.

differenti categorie di impatto. La valutazione è poi aggregata in un unico valore che permette di dare un punteggio riferendolo alla scala europea.

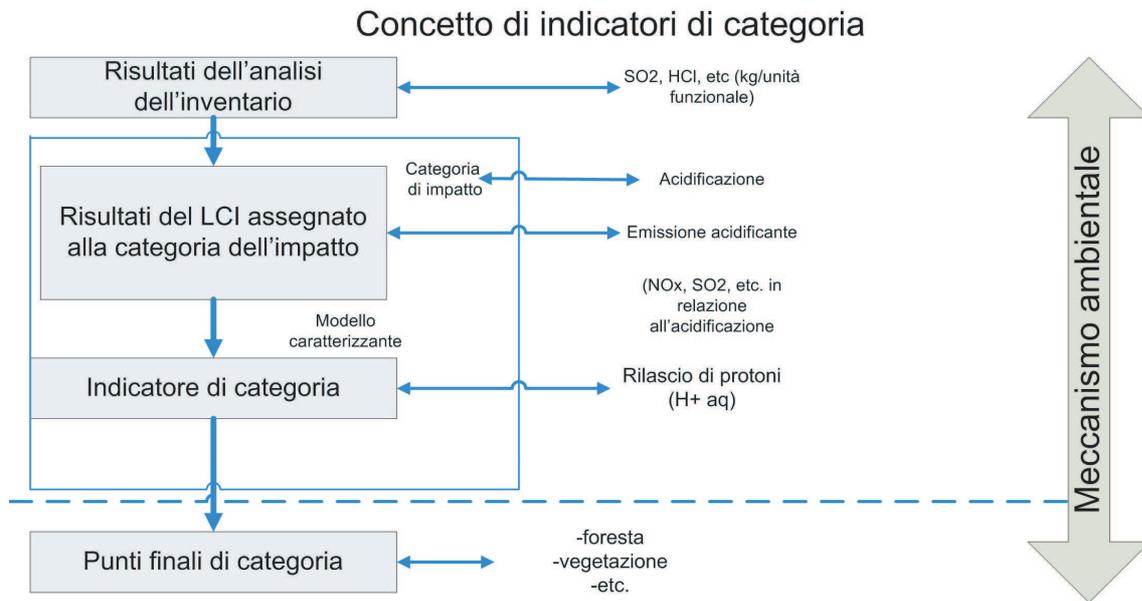


Figura 2.6: Categoria di indicatori

2.3.4 Interpretazione

Questa fase ha come obiettivo quello di mostrare i legami esistenti tra LCA ed altri strumenti di gestione ambientale (figura 2.7). Possiamo suddividerla in:

- **Identificazione:** i dati provenienti dalle prime fasi dell'LCA (principali input, output e impatti potenziali) vengono analizzati e comparati con quanto previsto nella prima fase del LCA (Goal Definition and Scoping).
- **Valutazione:** lo studio di LCA compiuto viene sintetizzato e i suoi risultati diffusi e resi noti. La valutazione si fonderà sulle seguenti verifiche: verifica della completezza dei dati e risultati; verifica delle analisi di sensitività, si faranno cioè variare i parametri utilizzati (input, output, impatti potenziali) per osservare poi gli effetti che si generano sul risultato finale; verifica della consistenza: si accerta il livello di rispondenza tra i risultati conseguiti e gli obiettivi dello studio in fase preliminare e durante le fasi d'Inventario e Valutazione.
- **Conclusioni-Raccomandazioni-Rapporto finale:** si traggono le conclusioni dello studio fatto e si raccomanda circa la stesura del report finale dell'LCA. In base a quanto eventualmente emerso si predispongono eventuali azioni di miglioramento al prodotto o sistema considerato.

2.4 Limiti dell'LCA

La LCA presenta alcuni limiti:

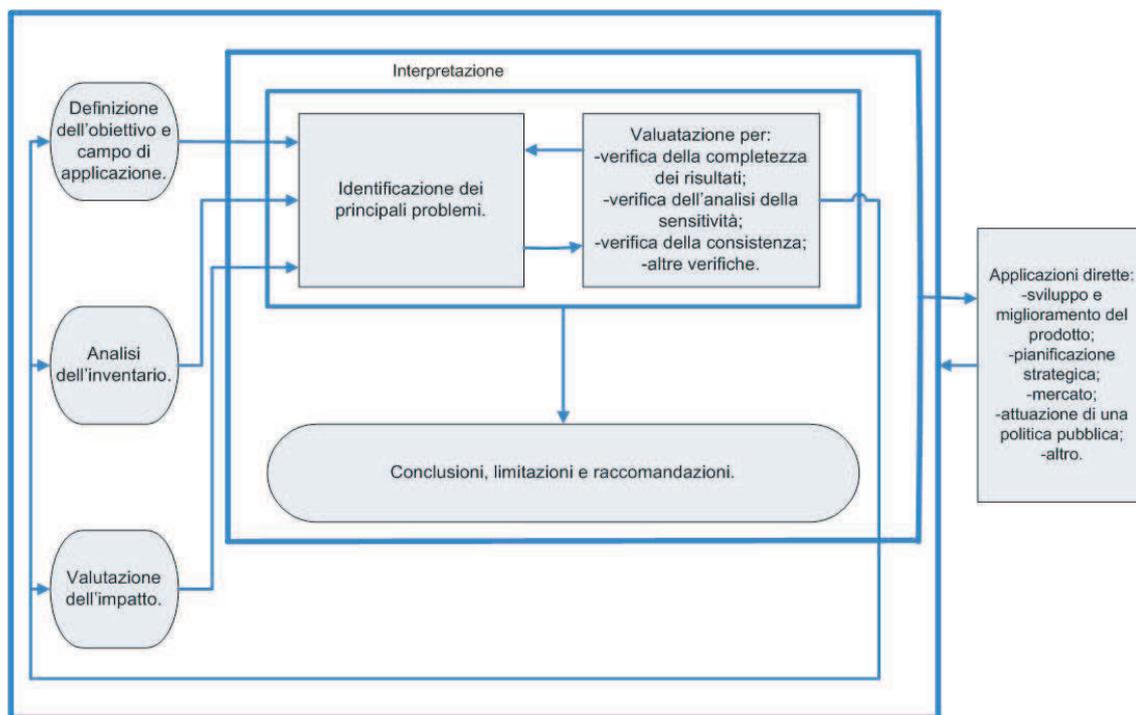


Figura 2.7: Relazione tra LCA ed altri strumenti di gestione ambientale

- la natura delle scelte e delle assunzioni (ex. stabilire i confini di un sistema o scegliere le categorie di impatto) può essere soggettiva;
- i modelli utilizzati per l'analisi d'inventario o per la valutazione degli impatti non sono adatti a qualunque applicazione e non sono in grado di descrivere in modo completo qualsiasi impatto ambientale;
- disponibilità e qualità dei dati possono limitare l'affidabilità dei risultati;
- i risultati di un LCA condotto a livello globale possono talora non essere adatti per l'applicazione a livello locale.

Capitolo 3

La gestione delle deiezioni negli allevamenti di vacche da latte

3.1 Premessa

Il sistema di gestione dei reflui di un'azienda zootecnica da latte si può definire come l'insieme di opere edili, impianti e attrezzature necessari alla movimentazione e allo stoccaggio delle deiezioni che ivi si producono.

La gestione delle deiezioni zootecniche, deve avvenire nel rispetto della legislazione ambientale, di una conduzione razionale, che consideri sia la necessità di ottimizzare le varie operazioni, di ridurre i costi, assicurando il contenimento dell'impatto ambientale.

La gestione quindi richiede una particolare attenzione, già in fase di progettazione della stalla, per adottare le soluzioni che, nel caso specifico, risultano essere il miglior compromesso tra le diverse esigenze.

Strettamente legati al sistema di gestione dei reflui sono i sistemi di allevamento degli animali, soprattutto per quanto concerne le tipologie di stabulazione (cucette e pavimentazioni delle corsie). L'impiego o meno di materiale da lettiera nelle zone di riposo; di tutto ciò si deve tenere conto per una valutazione corretta del sistema di gestione dei reflui nel suo complesso.

3.1.1 Le tipologie di stabulazione

In questi ultimi anni, gli allevamenti per bovini da latte, si sono orientati verso la stabulazione libera con diverse tipologie di zona di riposo:

1. a lettiera permanente;
2. a lettiera inclinata;
3. a cuccetta

3.1.1.1 Stalla a lettiera permanente

È organizzata in aree collettive a pavimentazione piana nelle quali viene aggiunta paglia (5-7 kg/giorno/capo). La pavimentazione della zona di riposo viene progettata, di norma, più bassa rispetto a quella delle zone adiacenti; è possibile quindi accumulare un maggior quantitativo di lettiera senza che fuoriesca dalla zona di riposo. La rimozione dell'intera lettiera può avvenire ogni 2-6 mesi. È bene provvedere una superficie per capo di 6-7 m^2 /capo in zona di riposo per mantenere la lettiera discretamente pulita e confortevole; in questo modo si limitano i pericoli di calpestamento degli animali in decubito da parte di quelli in transito.

3.1.1.2 Stalla a lettiera inclinata

È un'evoluzione della tipologia a lettiera permanente, dalla quale differisce per il fatto che la pavimentazione è a un livello più alto rispetto a quella delle zone limitrofe ed è in pendenza (dal 6 all'8%); con questa soluzione è possibile asportare dalla stalla un unico refflu costituito da letame paglioso convenientemente stoccabile in platea.

Si possono consigliare superfici in zona di riposo di 5-5,5 m^2 /capo e un consumo di paglia di circa 3-5 kg/giorno per capo.

3.1.1.3 Stalla a cuccette

Prevede la suddivisione della zona di riposo in posti singoli, in modo che ogni bovina possa disporre di un'area ben delimitata nella quale appartarsi per riposare. L'aspetto innovativo della soluzione consiste, perciò, nell'aver separato nettamente le aree destinate al riposo da quelle destinate agli spostamenti (corsia di smistamento e passaggi di collegamento intercalari alle cuccette). I vantaggi che ne conseguono, nei confronti delle tipologie a lettiera, si possono così riassumere:

- modesto consumo di paglia (indicativamente 1,5-2,5 kg/capo/giorno) e minori richieste di manodopera per la cura e la pulizia della zona di riposo;
- possibilità di eliminare completamente l'impiego di lettiera mediante l'adozione di particolari tipologie di cuccette;
- minore superficie coperta ed edifici più bassi;
- maggiore tranquillità per gli animali ed eliminazione delle lesioni da schiacciamenti.

I principali inconvenienti risiedono nella presenza di gradini e attrezzature di contenimento, che possono arrecare disturbo agli animali e nella necessità di un corretto dimensionamento delle diverse parti della zona di riposo e in particolare delle cuccette. Oltre al dimensionamento delle cuccette e al tipo di attrezzature di contenimento, risulta fondamentale la

tipologia di superficie per il riposo. Infatti, nelle cuccette è possibile utilizzare materiali tradizionali, come lettiera di paglia o di segatura, o materiali alternativi, come frazione solida da separatore, sabbia, tappetini e materiali sintetici di varia foggia.

Dai dati disponibili dalla bibliografia e dalle numerose esperienze fatte nei vari allevamenti, è possibile trarre delle utili considerazioni sui vari materiali utilizzati per la lettiera delle cuccette:

- la paglia se ben gestita risulta essere il materiale migliore (confortevole e igienico);
- la sabbia è ottima dal punto di vista igienico-sanitario e di comfort, ma ha dei grossi limiti di gestibilità delle deiezioni;
- la segatura e i trucioli di legno appaiono di interesse limitato in quanto non sembrano in grado di garantire condizioni sanitarie e di benessere ottimali per la vacca;
- i materassini sintetici sono graditi alle vacche, ma sono da verificare dal punto di vista delle lesioni agli arti e della durata;
- i tappetini di gomma sono da evitare in quanto risultano estremamente rigidi e forniscono all'animale un livello di comfort insufficiente.

Per migliorare le condizioni della cuccetta non bisogna pensare che siano determinanti i soli materiali da lettiera, ma altrettanto importante è la gestione degli stessi (frequenza delle distribuzioni, quantità impiegate, accuratezza nella pulizia, ecc.) che definiscono il successo.

3.2 Le pavimentazioni delle corsie

I pavimenti di calcestruzzo delle corsie di alimentazione e smistamento possono essere pieni (continui) o fessurati (discontinui).

I *pavimenti pieni* vengono realizzati con rigatura superficiale in grado di permettere una buona presa dei piedi dei bovini. Possono essere realizzati in piano o in pendenza, a seconda dei sistemi adottati per l'allontanamento dei reflui dalla stalla o dalla topografia del luogo.

Con raschiatori meccanici le corsie possono essere perfettamente orizzontali, oppure si può prevedere una leggera pendenza trasversale (0,5-1%) verso l'asse centrale della corsia, per favorire la rapida rimozione della frazione liquida mediante un collettore fognario posto al di sotto della guida a U del raschiatore. In alternativa, soprattutto nei casi in cui si possono sfruttare la pendenza naturale del terreno, i pavimenti delle corsie possono essere realizzati con pendenza longitudinale costante dell'1-2%. Nel caso di sistemi di pulizia a ricircolo superficiale di liquami, le pendenze longitudinali dei pavimenti devono essere

elevate (2-4%) per favorire la rimozione completa delle deiezioni dalla corsia.

Pavimenti fessurati di norma costituiti da elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato, prevedono una parte piena (travetti) preponderante rispetto alla parte vuota (fessure o fori). Questo tipo di pavimento è autopulente in quanto le deiezioni deposte, grazie all'azione di calpestamento degli animali, attraversano le fessure e cadono nelle sottostanti fosse di raccolta. Questo metodo permette di limitare il contatto tra animale e deiezioni.

3.3 I sistemi di asportazione dei reflui dalla stalla

3.3.1 Sistemi meccanici

Le possibili soluzioni si suddividono in:

- mezzi manovrati direttamente dall'operatore, come trattrici con la lama raschiante o ruspetta;
- mezzi meccanici automatici quali raschiatori di varia tipologia (a ribaltina o farfalla) e con differenti metodi di trascinamento (a catena o ad asta rigida).

Lo scarico delle deiezioni movimentate dai sistemi meccanici può avvenire per semplice gravità in una fossa interrata, oppure in una cunetta trasversale dotata di trasportatore a moto continuo o alternato che convoglia il materiale alla concimaia, in abbinamento con un elevatore o sfruttando un dislivello naturale. Un'ulteriore possibilità è quella di prevedere all'esterno della stalla una piccola struttura interrata di accumulo temporaneo del letame paglioso.

3.3.2 Sistemi idraulici

La pulizia mediante sistemi idraulici si è sviluppata negli anni '70, ricopre un discreto successo anche se minore rispetto ai metodi meccanici.

Vengono proposti due diversi sistemi di asportazione:

- sotto-pavimento fessurato in fossa di veicolazione a scarico continuo. Il materiale più grossolano fuoriesce dalla stalla scorrendo su un cuscinetto liquido permanente trattenuto da una soglia di trascinamento;
- mediante ricircolo dei liquami (*flushing*)

Le soluzioni operative precedentemente descritte fanno capo a una sperimentazione effettuata dal Centro Ricerche produzione animali (CRPA) [15] e ad un articolo sulle cuccette per bovine da latte dell'Istituto Sperimentale Agrario di San Michele all'Adige (ISMAA) [16].

3.4 Linee di trattamento degli effluenti zootecnici

Qui di seguito verranno prese in considerazione cinque diverse linee operative per il trattamento dei reflui.

3.4.1 Stoccaggio

Lo stoccaggio diventa necessario per abbattere la carica patogena presente nel liquame e per l'impossibilità di effettuare lo spandimento in certi periodi dell'anno per l'impraticabilità del terreno, la presenza di colture in avanzato stadio di vegetazione o l'assenza, per un lungo periodo, di colture in grado di utilizzare l'azoto somministrato con i liquami.

Il liquame viene stoccato in recipienti appositi realizzati con materiali edili diversi (calcestruzzo, acciaio, legno), oppure in bacini artificiali in terra.

Lo stoccaggio può avvenire all'interno della stalla se si usa la pavimentazione fessurata con degli svantaggi di salubrità dell'animale e dell'uomo oppure all'esterno in appositi contenitori.

I recipienti devono però osservare i seguenti requisiti fondamentali:

- permeabilità delle strutture (basamento e pareti);
- capacità di stoccaggio adeguata alle norme di legge e alle esigenze gestionali dell'azienda;
- facilità di riempimento e di prelevamento del liquame;
- facilità di esecuzione di eventuali trattamenti sul liquame stoccato.

Una vasca è costituita da un basamento di calcestruzzo armato gettato in opera, dallo spessore minimo di 0,15 m, sul quale poggiano e trovano ancoraggio le pareti realizzate con materiali diversi.

Le vasche interrato presentano il vantaggio di consentire un riempimento a gravità, danno però maggiori problemi nella realizzazione e hanno un più elevato costo di costruzione (maggiori movimenti di terra, necessità di un franco di sicurezza fra il fondo della fossa e le falde acquifere superficiali).

Le vasche fuori terra consentono una realizzazione più economica, specialmente quando si adottano elementi prefabbricati, e costituiscono l'unica soluzione possibile in terreni con falda freatica poco profonda, rendendo indispensabile la realizzazione di un pozzetto interrato di raccolta (pre-fossa), posto al termine della rete fognaria dell'allevamento, e la predisposizione della relativa attrezzatura per il carico del liquame nella vasca.

La vasca di norma, è collegata al pozzetto di sollevamento mediante una tubazione interrata, del diametro di 250-400 mm, dotata di doppia valvola a saracinesca, per agevolare le operazioni di movimentazione e di pescaggio del liquame.

E' necessario far sostare il liquame per abbattere la carica microbica, in assenza di apporti di materiale fresco, per almeno 45 giorni. E' buona norma la ripartizione del volume complessivo di stoccaggio in almeno due comparti separati.

I contenitori per lo stoccaggio dei liquami e dei materiali ad essi assimilati devono garantire un volume non inferiore a quello del liquame prodotto in allevamento pari a 120 giorni stabiliti nella regione Veneto.

Lo spandimento dei liquami è regolamentato per legge, per tanto, per un utilizzo corretto è bene consultare l'art. 4 dello DGR n. 2495/2006.

Il prodotto che si ottiene subisce, alla fine del periodo stoccaggio, delle perdite di azoto pari a un massimo del 20-25% escreto.

3.4.2 Separazione solido liquido

Gli effluenti d'allevamento, prima di essere inviati allo stoccaggio, in attesa della loro utilizzazione agronomica, possono essere sottoposti al trattamento della separazione solido liquido.

Questo trattamento consente la separazione dei solidi sospesi (grossolani e fini) presenti nei liquami di origine zootecnica e l'ottenimento di una frazione chiarificata e di una frazione solida palabile (20-25% di Solidi Totali) ammucchiabile in platea [17].

La qualità di lavoro di un'attrezzatura viene misurata in funzione dell'efficienza di separazione, ovvero della quantità, in peso o in percentuale, di sostanza secca, solidi sospesi, azoto, ecc. che vengono trasferiti nel solido.

Quale che sia il parametro considerato (sostanza secca, solidi sospesi, TKN, ecc.), la separazione L/S consente soltanto di ripartire detti elementi dei due flussi, senza operare in essi alcuna trasformazione di tipo quantitativo (volatilizzazione) o qualitativo.

Questo trattamento può essere previsto subito dopo l'uscita dalla stalla (sul liquame tal quale), oppure a valle della digestione anaerobica. In funzione del tipo di risultato che si vuole ottenere per questo trattamento è stato previsto l'uso di attrezzature diversificate per complessività costruttiva, rendimenti operativi, costo di acquisto e di gestione contenuti.

Se si vuole ottenere un livello medio di efficienza di separazione, con un costo di acquisto e di gestione contenuti, è consigliato un separatore che operi in vagliatura (separatori a pressa o tamburo).

Dovendo invece ottenere prestazioni più spinte in termini di rimozione di solidi sospesi, azoto e fosforo dall'effluente chiarificato, la scelta deve andare verso attrezzature più impegnative dal punto di vista dei costi di acquisto e di gestione, come centrifughe, le nastropresse o le filtropresse.

La separazione si ottiene con l'impiego di mezzi fisici (vasche o lagune di decantazione), fisico-chimici (impiegati nei separatori abbinati agli impianti di depurazione) o meccanici.

Questi ultimi oggi sono i più diffusi e i più validi e possono essere classificati in funzione del diametro minimo delle particelle che sono in grado di separare, in separatori di solidi grossolani (diametro minimo ≥ 0.1 mm) e in separatori di solidi grossolani e fini (diametro minimo ≤ 0.1 mm).

L'efficienza di separazione (vedi tabella 3.1) dipende dalle caratteristiche costruttive dei separatori che si suddividono in: vagli statici, vibrovagli, vagli rotativi, separatori cilindrici rotanti con e senza controrulli, separatori a compressione elicoidale, separatori centrifughi. Le due tipologie di separatori più diffusi (quelle definite a cilindro rotante e rulli pressori e a compressione elicoidale), hanno un'efficienza, riferita ai SV, che si attesta tra il 40% ed il 55%; nella frazione solida si concentra il 15-25% dell'azoto ed il 10-20% del fosforo presente nel liquame tal quale.

Utilizzando invece centrifughe ad asse orizzontale è possibile ottenere efficienze maggiori, rispettivamente del 50-75% per i ST, del 20-35% per l'azoto e del 60-70% per il fosforo; sono però attrezzature più costose.

Di seguito verranno descritte più in dettaglio le tipologie di separatori più utilizzate in questi anni:

- Il *separatori a compressione elicoidale* per i liquami bovini presenta numerosi vantaggi. Il refluo viene compresso da una coclea in un vaglio cilindrico, costituito da barre di acciaio. La frazione liquida passa attraverso le fessure del vaglio e la frazione solida viene pressata da una coclea contro un regolatore di portata, da tarare sulla base delle caratteristiche qualitative del liquame.

Questo separatore consente una rimozione del 30-40% della sostanza secca presente nei liquami bovini avviati al trattamento. La frazione solida separata costituisce l'8-20% del volume di liquame bovino sottoposto a separazione e presenta un tenore di sostanza secca del 20-25%.

- Il *separatori cilindrico rotante*, trova buona applicazione, per il trattamento di liquami suini e bovini. È un'attrezzatura caratterizzata da un vaglio cilindrico in acciaio e da due cilindri pressori che concorrono a disidratare la frazione solida che non passa le fessure del vaglio cilindrico.

Questa macchina consente una rimozione del 40-55% della sostanza secca presente nei liquami avviati al trattamento. La frazione solida separata rappresenta il 16-32% del volume di liquame sottoposto a separazione con un tenore in sostanza secca del 18-20%.

La separazione dei solidi grossolani e fini può essere effettuata per gravità utilizzando sedimentatori, mediante flottatori o con separatori meccanici, centrifughe e nastropresse. Nei primi due casi si produce una frazione solida non palabile, un fango addensato, nel terzo si produce una frazione solida palabile.

- La *separazione per gravità* può essere effettuata mediante sedimentatori.
L'applicazione dei sedimentatori nel trattamento dei liquami zootecnici è limitata ai soli reflui di porcilaia nei casi in cui esistono impianti di depurazione e/o impianti di digestione anaerobica.
- L'utilizzo del *separator per flottazione* può essere preso in considerazione solamente nel caso in cui la frazione liquida separata sia poi avviata a trattamento depurativo. Infatti il processo di flottazione è in grado di rimuovere anche parte della frazione sospesa colloidale, che rappresenta una quota rilevante della sostanza organica difficilmente biodegradabile.
- La *separazione meccanica con centrifughe* consente un'ottimale rimozione di sostanza secca, sostanza organica, azoto organico e fosforo da liquami, con utilizzo nullo o minimo di additivi chimici.
L'unità di separazione è costituita da un tamburo, a sezione cilindro-conica, entro il quale è inserito il rotore a coclea, il cui regime di rotazione viene mantenuto di poco inferiore a quello del tamburo. Attraverso il condotto di alimentazione il prodotto da trattare viene immesso all'interno del gruppo di separazione ove, per effetto della forza centrifuga, avviene la separazione tra la frazione liquida e quella solida. Per effetto della velocità differenziale tra tamburo e coclea, il solido separato viene trascinato da quest'ultima verso la sezione conica del tamburo dalla quale, dopo aver subito un'ulteriore sgrondo, fuoriesce attraverso i fori di scarico. La fase liquida viene allontanata, invece, dalla parte opposta del tamburo attraverso delle luci che, regolabili in altezza, permettono di scegliere il battente liquido più idoneo.
La frazione solida ottenuta con tale dispositivo è palabile, presenta un tenore di sostanza secca del 20-28%, rappresenta mediamente il 10-20% della quantità iniziale di liquame trattato e contiene il 20-35% dell'azoto e il 60-70% del fosforo complessivamente presenti nel liquame tal quale.
- In campo zootecnico le *nastropresse* vengono utilizzate nella disidratazione dei fanghi di depurazione di liquami suinicoli. Il mezzo filtrante è un telo in materiale sintetico attraverso il quale il liquame viene forzato a passare, permettendo così di trattare solidi sospesi di dimensioni fino a qualche micron.
Nella tabella 3.1 vengono sintetizzate le caratteristiche delle tre tipologie più utilizzate per la separazione dei liquami dei bovini.

In generale la separazione solido-liquido, oltre a separare i nutrienti, presenta anche vantaggi legati ad aspetti gestionali:

- evita problemi di intasamento delle pompe;
- migliore omogenizzazione del liquame e quindi migliore uniformità di distribuzione;

Tabella 3.1: Efficienza dei dispositivi di separazione per liquami bovini[21]

Dispositivo di separazione	Efficienza di separazione			Fraz. solida separata			
	SS(%)	N(%)	P(%)	SS(%)	N(kg/t)	P(kg/t)	kg/m ³ liquame
cilindrico rotante	40-55	25-35	25-40	18-20	3.3-4.5	0.8-1.2	160- 320
compressione eliocoidale	30-40	15-25	10-20	20-25	2.5-3.2	0.5-1.0	80-200
centrifuga orizzontale	50-75	20-35	60-70	20-28	7.0-11.0	6.0-10.0	100-200

Modificato da CRPA

- inferiore volume di liquame;
- riduzione delle emissioni di NH_3 e di odori in atmosfera per la più rapida infiltrazione nello strato superficiale del terreno;
- il liquido separato si può utilizzare al posto dell'acqua per la pulizia delle strutture stabulative ("ricircolo" o "flushing"), attuando un notevole risparmio idrico e quindi una considerevole riduzione dei volumi di liquame prodotto.

Presenta però degli svantaggi quali:

- non c'è diminuzione dell' azoto totale ma solo una diversa ripartizione tra fase solida e liquida;
- non c'è diminuzione dei tempi minimi di stoccaggio previsti dalla normativa;
- in piccoli allevamenti (fino a 200 t di pv) questa tecnica può risultare economicamente non conveniente;
- la quantità di ammoniaca emessa durante lo stoccaggio delle due frazioni risulta maggiore del liquame tal quale;
- rispetto allo stoccaggio tal quale serve una platea impermeabilizzante per lo stoccaggio della frazione solida separata (meglio se comperta).

Questa tecnica può risultare potenzialmente interessante per aziende che vogliono razionalizzare l'utilizzo agronomico e trasferire a distanza la frazione solida verso gli appezzamenti più lontani dal centro dell'aziendale, movimentare la frazione liquida tramite tubazioni fisse o semifisse per la fertirrigazione. Altro interesse potrebbe essere quello di destinare la frazione solida ad uso extra-aziendale (esempio settore orto-floro-vivaistico o frutticolo) o al compostaggio [19].

3.4.3 I trattamenti di bio-ossidazione

- **A carico dei liquami.**

Il trattamento di ossigenazione del liquame è sicuramente quello che si presenta come il più immediato e in grado di contribuire a contenere le problematiche di diffusione di emissioni odorose e fastidiose (per intensità e persistenza) e nella presenza, negli effluenti, di azoto organico in quantità non compatibili con le indicazioni della direttiva nitrati (340 kg/ha nell'Zone ordinarie e 170 kg/ha in quelle vulnerabili).

Il Decreto Ministeriale del 7 aprile 2006 del MIPAF (Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti, di cui all'art. 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152), lo indica come in grado di abbattere il contenuto di azoto, quando inserito in una linea di trattamento che prevede separazione dei solidi e stoccaggio, dal 42 al 48% dell'azoto escreto dagli animali. L'azoto residuo (il 52-58% dell'escreto) si ritrova dall'8 al 16% nei solidi e dall'84 al 92% nella fase liquida.

Nel caso che si sottoponga il solido al trattamento di compostaggio si può raggiungere una riduzione dell'azoto sino al 56% circa.

Il trattamento consiste nell'areare in modo intermittente il liquame separato (10-20 minuti per ogni ora) per almeno 6-8 giorni e per un periodo di almeno di 20 giorni prima di trasferirlo nello stoccaggio.

Per l'areazione si possono utilizzare diverse soluzioni dalle turbine superficiali, all'insufflazione d'aria attraverso dei diffusori oppure utilizzando dei miscelatori sommersi attrezzati di eiettori.

Aspetti da tenere presente sono la richiesta energetica che con questo metodo è circa 50 Wh/capo x giorno e la necessità di gestire il controllo dei processi anaerobici che producono prodotti volatili maleodoranti [17].

- **A carico degli effluenti palabili**

La parte solida può essere valorizzata subendo un trattamento di bioossidazione (compostaggio)¹ in cui la flora batterica specifica attacca e demolisce le molecole organiche più facilmente degradabili. Questo comporta un notevole consumo di ossigeno da un lato e dall'altro la produzione di anidride carbonica e di energia sotto forma di calore. Il calore porta la massa in compostaggio a temperature di 60-70°C, valori che assicurano la distruzione degli agenti patogeni e dei semi delle erbe infestanti.

Questa fase può durare dai 30-40 a 90 giorni e oltre a seconda della tipologia dei

¹Decomposizione e stabilizzazione di substrati organici di diversa provenienza operata da microrganismi di norma già residenti nella biomassa che grazie all'intima miscelazione dei diversi composti in presenza di ossigeno atmosferico e sfruttando le condizioni di termofilia indotte dalla produzione di calore per via biologica porta alla produzione del compost un prodotto ricco di sostanza organica stabile esente da organismi patogeni e da semi di infestanti in possesso di importanti qualità ammendanti e fitonutritive.

residui trattati.

Successivamente si può passare alla fase di maturazione o umificazione in cui la decomposizione procede con tempi più lunghi a carico delle molecole organiche più complesse e resistenti, affiancata da processi di ricombinazione che portano alla sintesi di composti umici. L'attività respiratoria, così come la produzione di calore, diminuisce. Il periodo di maturazione varia in funzione del tipo di prodotto desiderato; si ottengono dei buoni risultati già in 30-60 giorni ma per legge deve essere almeno di 90 giorni (tabella 3.2).

Tabella 3.2: Caratteristiche chimico-fisiche del substrato iniziale [22]

	Intervallo accettabile	Intervallo ottimale
Temperatura	50-65°C	
Umidità	50-70	55-65
Rapporto C/N	20-40	25-35
Peso specifico kg/m ³	500-800	600-700
pH	5.5-8.0	

Il compost presenta le seguenti caratteristiche:

- un terriccio di colore scuro inodore o dall'odore di muschio, caratterizzato da un contenuto di sostanza secca mediamente superiore al 50%;
- è un prodotto che occupa minore volume rispetto alle matrici di partenza, presenta una struttura fisica omogenea ed è facilmente stoccabile in cumulo e convenientemente trasportabile a distanza;
- fornisce migliori garanzie di carattere igienico-sanitario: le elevate temperature che si raggiungono nel corso del processo assicurano un'adeguata pastorizzazione del prodotto;
- è un prodotto ammendante utile per migliorare la fertilità del terreno; in funzione del materiale di partenza può apportare anche una significativa quantità di nutrienti.

Gli aspetti critici alla produzione di compost sono [18]:

- richiede investimenti economici;
- necessita di un maggior impegno di superficie rispetto al semplice stoccaggio;
- comporta costi di gestione non trascurabili;
- a seconda delle matrici in gioco, si possono verificare perdite di azoto nel processo;

- è necessario trovare una collocazione remunerativa del prodotto finale.

La fase di produzione

Macchinari utilizzati:

1. accumulo delle materie prime;
2. triturazione: trituratori ovvero macchine che operano sfruttando l'impatto di una massa rotante ad elevata velocità oppure l'azione di taglio/lacerazione di una o più coclee rotanti a moto lento che omogenizzano il prodotto diminuendolo di dimensione;
3. miscelazione: macchine trituratori-miscelatori a coclea, trattore munito di pala frontale oppure spandiletame;
4. formazione del cumulo: trattore con pala frontale, carro spandiletame, trincia miscelatore a coclea.

Fase di trattamento illustrata nella tabella 3.3

Tabella 3.3: Fase di trattamento[22]

Operazioni	Controlli
Rivoltamento	Temperatura
Inumidimento	Odore
Ventilazione	Umidità

1. rivoltamento: pale meccaniche con cumuli alti fino a 2.5-3.0 m e movimentazione da 15-50 m³/h di prodotto, rivoltatrici per pesi maggiori;
2. rilievo della temperatura con infrarossi: per decidere quando è il tempo di rivoltare.

Fase di maturazione e finitura

1. Maturazione: migliori condizioni sotto tettoia;
2. Vagliatura: vagli a cilindro rotante di taglia medio-piccola (capacità di lavoro 10 sino a 15-20 m³/h) oppure da terzisti con macchine professionali ad elevata produttività (60-80 m³/h di materiale in ingresso) utili a separare il materiale idoneo per essere trattato tramite compostaggio;
3. Accumulo;
4. Insacchettamento.

Il compost (ammendante composto)² trova impiego nella fertilizzazione organica di colture erbacee di pieno campo e di colture specializzate ad alto reddito (orticole e frutticole). Per l'intervento in pre-semina e pre-impianto bisogna prima valutare la propensione della coltura alla fertilizzazione organica.

3.4.4 Trattamento biologico di nitrificazione-denitrificazione

Il trattamento di nitrificazione/denitrificazione, attuato per via biologica a carico dell'effluente chiarificato ottenuto da separazione L/S con decanter centrifugo, dopo digestione anaerobica, differisce in maniera sostanziale da tutti quelli sino ad ora considerati in quanto:

1. consente di ottenere un abbattimento dell'azoto contenuto nell'effluente chiarificato compreso tra il 90 e il 95%, fatto che attesta la riduzione complessiva dell'azoto (rispetto a quella del liquame di partenza) su valori non inferiori al 60-65%; l'azoto perduto si allontana prevalentemente sotto forma di N_2 .
2. dà luogo ad un effluente liquido fortemente chiarificato ed impoverito in azoto, con caratteristiche tali da poter essere utilizzato in fertirrigazione, e da un "fango"³ che, a seconda dei casi, può essere accumulato tal quale, oppure disidratato (ad es. mediante centrifugazione) con produzione di un fango palabile ed una frazione chiarificata che può essere reinserita nel processo di nitro-denitro.

Per ottenere ciò si può ricorrere a processi a fanghi attivi di tipo discontinuo (processo SBR, Sequential Biological Reactor), oppure di tipo continuo (processo MBR, Membrane Biological Reactor).

Nel primo (SBR), le fasi di ossidazione-nitrificazione, denitrificazione e sedimentazione finale (nel corso della quale si ottiene la produzione dell'effluente chiarificato e del fango) avvengono, con opportuna sequenza, all'interno della stessa vasca.

Nel secondo (MBR), la sedimentazione finale (che nei processi a fanghi attivi tradizionali è attuata per gravità in un sedimentatore finale) è sostituita da membrane di ultrafiltrazione che, rispetto ai sedimentatori convenzionali, assicurano elevate caratteristiche di chiarificazione (assenza di solidi sospesi e colloidali), che passano nel retentato (equivalente al fango di un processo a fanghi attivi convenzionale) assieme ad una parte delle molecole in soluzione.

²La parola compost viene utilizzato per identificare tipologie diverse di prodotto. Per i prodotti in uso in agricoltura sarebbe più corretto far riferimento alla terminologia classica riportata all'art.2 della Legge 748/84 sostituita dal Decreto Legislativo 217/06

³Il termine "fango" è qui utilizzato in senso strettamente tecnico dato che, dal punto di vista normativo, questo materiale è da considerarsi in tutto e per tutto un effluente zootecnico.

L'affinamento dell'effluente chiarificato proveniente da un reattore SBR o MBR, necessario per renderne possibile lo scarico in acque superficiali (o il suo riutilizzo in azienda), potrebbe essere attuato ricorrendo ad un trattamento di osmosi inversa o di fitodepurazione.

Gli elevati consumi energetici tipici di questi trattamenti, imputabili in gran parte all'azionamento dei sistemi di insufflazione dell'aria, vengono resi economicamente possibili dal positivo bilancio energetico ed economico derivante dall'esecuzione di un trattamento di digestione anaerobica (con relativo sistema di cogenerazione) e indirettamente compensati dai minori costi di distribuzione dell'effluente come conseguenza della consistente riduzione dell'azoto in esso contenuto.

3.4.5 Digestione anaerobica

Il trattamento anaerobico è un processo biologico che, in assenza di ossigeno e in condizioni controllate, porta alla degenerazione della sostanza organica, alla stabilizzazione dei liquami e alla produzione di energia sotto forma di biogas, una miscela formata prevalentemente (55-60%) da metano e, per la quota restante da anidride carbonica (figura 3.1).

Affinchè il processo, abbia luogo, è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi in grado di trasformare la sostanza organica in composti intermedi, principalmente acido acetico, anidride carbonica ed idrogeno, utilizzabili dai microrganismi metanigeni che concludono il processo producendo il metano (figura 3.2).

Il vantaggio della digestione anaerobica è che porta alla produzione finale di una fonte rinnovabile di energia sotto forma di un gas combustibile ad elevato potere calorico (metano). La digestione anaerobica del liquame non comporta apprezzabili riduzioni di volume, del contenuto di azoto.

L'abbattimento del carico carbonioso ottenibile in digestione anaerobica conferisce al liquame una sufficiente stabilità anche nei successivi periodi di stoccaggio.

La temperatura utilizzata può essere quella:

- *psicrofila* con fermentazione a basse temperature, inferiore a 30°C mediamente sui 20°C. Richiede tempi di fermentazione abbastanza lunghi, maggiore di 30 giorni e rendimenti in biogas con rilevanti escursioni stagionali;
- *mesofila* con fermentazione attorno i 35-40°C. Il prodotto è più stabile ed il tempo di durata si aggira sui 25-40 giorni;
- *termofila* con fermentazione a 45-55°C, si abbreviano i tempi di produzione del biogas grazie alla cinetica di reazione più favorevole. La quantità di biogas prodotto è maggiore, ma la stabilità del processo è inferiore.

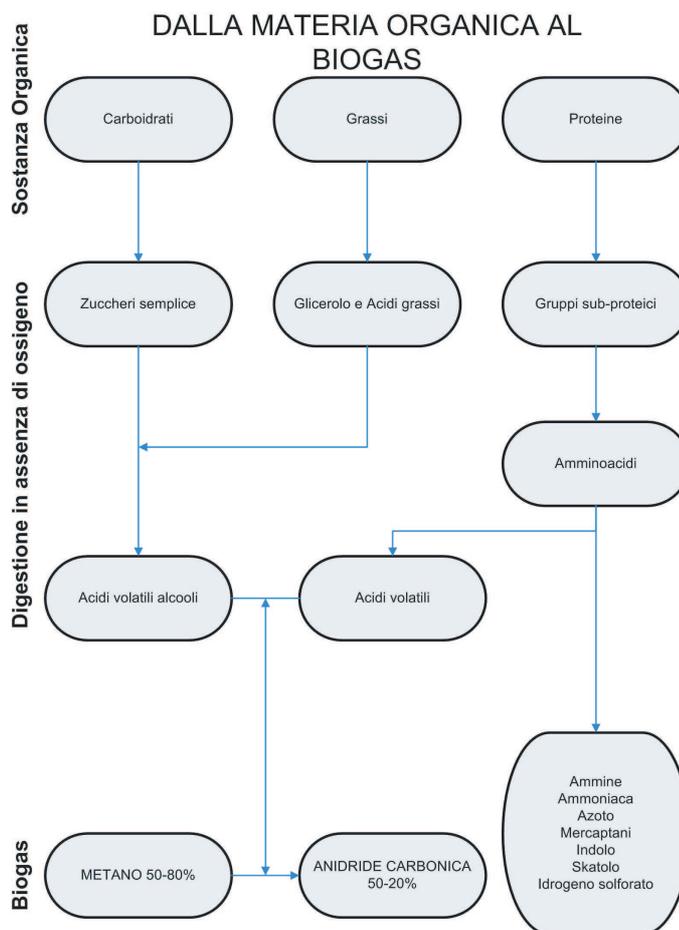


Figura 3.1: Schema della digestione anaerobica

La digestione anaerobica in mesofila (a 38°C) riduce parzialmente la eventuale carica patogena presente nei liquami, operando invece in termofilia (a 55°C) è possibile ottenere una totale distruzione dei batteri patogeni. Il tipo di processo più diffuso, in quanto coniuga una buona produttività dei batteri ad un minore dispendio termico, è il mesofilo.

Il tempo di permanenza per la digestione anaerobica (HRT) di un liquame mediamente si aggira intorno ai 20-30 giorni, per le biomasse vegetali si prolunga oltre 40 giorni.

Questo trattamento si basa su tre fasi: idrolisi, acidogena e metanigena. Il semplice trattamento anaerobico dove il liquame previo trattamento viene stoccato serve a recuperare le energie rinnovabili, il biogas, e a controllare le emissioni maleodoranti e di stabilizzare i liquami prima del loro utilizzo agronomico.

Il digestato, rispetto ai reflui animali originari dell'allevamento, ha una minore carica patogena, è inodore e rimane stabile anche per periodi lunghi di stoccaggio. Esso contiene, analogamente ai reflui freschi, oltre alla frazione organica carboniosa, altre sostanze utili all'agricoltura, azoto, fosforo, potassio, elementi fertilizzanti che riducono l'utilizzo di fertilizzanti chimici.

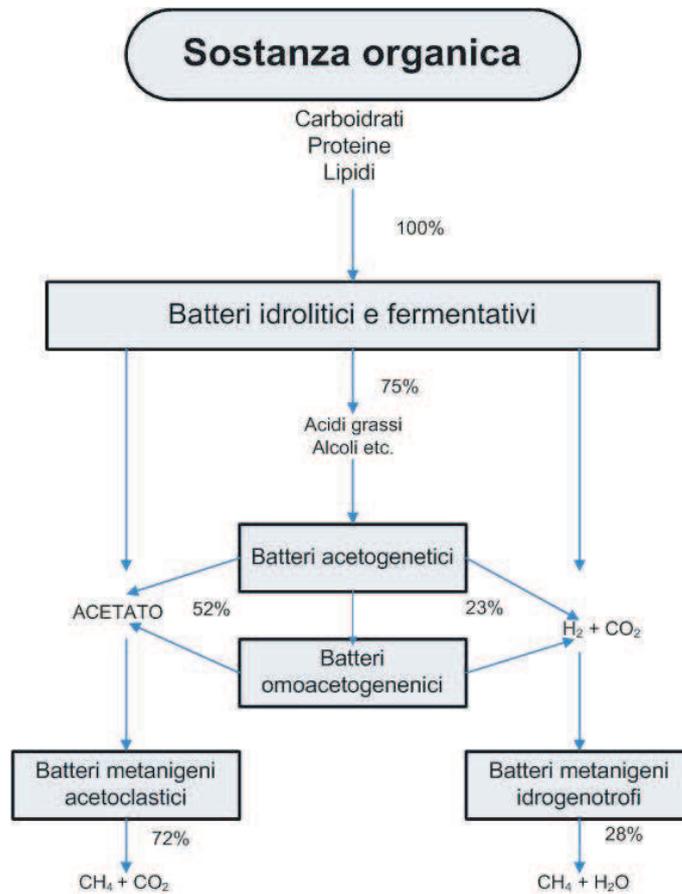


Figura 3.2: Schema del processo biologico di digestione anaerobica[23]

La normativa per l'utilizzo del digestato sui terreni è varia, di seguito si riportano i riferimenti più importanti:

- Codice di Buona Pratica Agricola-DM 19 Aprile 1999;
- Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento.

Gli impianti di biogas possono offrire profitto dalla vendita di energia elettrica, abbattere il carico di azoto dai reflui di azoto e le emissioni maleodoranti.

Durante la digestione anaerobica si ha la degradazione dell'azoto organico, con conseguente aumento dell'azoto ammoniacale, che nel digestato rappresenta la forma azotata prevalente ($\geq 30\%$). Nel complesso almeno il 20% dell'azoto totale viene strippato⁴ con il biogas e fuoriesce dopo essere passato attraverso il cogeneratore. Il digestato presenta i nutrienti in una forma maggiormente mineralizzata e di più facile utilizzo da parte delle piante.

Nel digestato tal quale la presenza di ammoniaca è ancora considerevole ma è facilmente

⁴Dessorbimento che consiste nel trasferimento di un gas disciolto in un liquido dalla fase liquida a quella gassosa

abbattibile con lo stoccaggio. Complessivamente si riscontrano ancora dei livelli di azoto elevati, con riferimento ai limiti sullo spandimento; l'azoto che nella sua forma ammoniacale disciolta in acqua, risulta facilmente eluibile dai terreni [17].

Al fine di ottimizzare il risultato economico del processo risulta di fatto indispensabile miscelare gli effluenti zootecnici disponibili in azienda con altri prodotti (coformulanti), compatibili con l'ambito agricolo, destinati ad elevare la produzione di biogas.

Nelle ipotesi gestionale, l'inserimento di questi prodotti (il più rappresentativo dei quali è il silomais) è stato sempre finalizzato al raggiungimento dei requisiti minimi di fattibilità tecnico-economica.

3.4.6 Considerazioni finali

Dall'esame delle linee gestionali e dei singoli trattamenti, con riferimento alla gestione dell'azoto, si possono fare le seguenti considerazioni:

- una parte di questi trattamenti sono da tempo entrati negli allevamenti nell'ambito della gestione degli effluenti zootecnici; alcuni ormai ubiquitari (come lo stoccaggio) perché resi obbligatori dalle norme; altri meno diffusi, ma comunque ben conosciuti (separazione L/S, bioossidazione, digestione anaerobica);
- il trattamento di nitrificazione/denitrificazione, mutuato dal settore della depurazione civile ed industriale, dove risulta ormai consolidato, ha bisogno di un'attività di taratura e divulgazione che ne faccia conoscere pregi e difetti al nuovo pubblico;
- il trattamento nitro/denitro, efficace nel rimuovere/abbattere l'azoto degli effluenti zootecnici allo stato liquido, è energivoro.

Capitolo 4

Emissione di Ammoniaca, Metano e Acido Solfidrico dagli allevamenti di vacche da latte

4.1 Premessa

In questo capitolo, in preparazione della redazione di una LCA, vengono presi in considerazione le emissioni, di ammoniaca, metano e acido solfidrico da allevamenti di bovini da latte (figura 4.1).

Non verrà presa in considerazione l'anidride carbonica emessa dalle deiezioni perchè, come già spiegato nel paragrafo 1.2, il carbonio fa parte di un ciclo che non dà variazioni di concentrazioni nel sistema [30] e nemmeno l'utilizzazione agronomica perchè meno importante in questo caso studio.

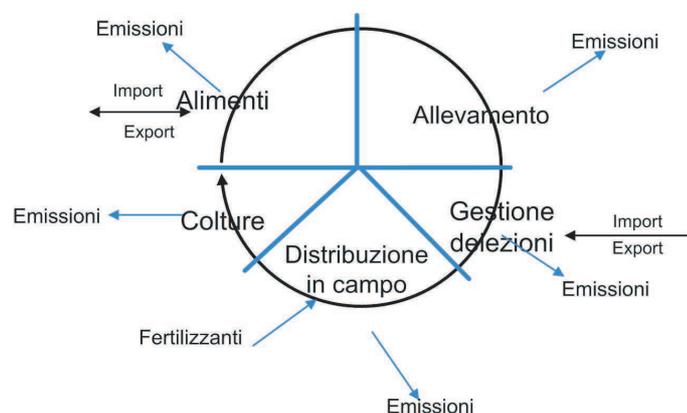


Figura 4.1: Schema delle emissioni che provengono dall'attività zootecnica[30]-Modificato

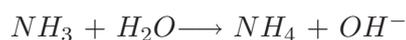
4.2 Ammoniaca

L'emissione di ammoniaca (NH_3) dagli effluenti zootecnici è divenuta in questi ultimi anni un problema di grande rilievo ambientale ed è opinione diffusa che debba essere ridotta per proteggere gli ecosistemi naturali [31], [34].

1. Proprietà

L'ammoniaca a temperatura ambiente è un gas incolore dall'odore pungente, è irritante e tossica. È un solvente polare in grado di sciogliere i metalli alcalini formando soluzioni colorate e di elevata conducibilità. Confrontata con l'acqua, l'ammoniaca ha minor conduttività, minor costante dielettrica, minor densità e viscosità, punti di congelamento ed ebollizione molto più bassi.

È un composto molto solubile in acqua: un litro di acqua riesce a sciogliere oltre 680 litri di ammoniaca a 0°C , dissociandosi nel seguente modo:



Per la rilevazione di ammoniaca gassosa in ambienti in cui l'odore è un fattore secondario si utilizzano i vapori di acido acetico.

2. Provenienza

L'emissione di ammoniaca negli allevamenti zootecnici:

- idrolisi dell'urea, per quanto riguarda i mammiferi;
- decomposizione aerobica dell'acido urico, per quanto riguarda gli avicoli;
- mineralizzazione delle proteine indigerite e delle proteine endogene secrete durante la digestione, fenomeno che interessa tutti gli allevamenti zootecnici.

3. Effetti

Reagisce nell'atmosfera con specie acide per formare sali ammoniaci.

L'acidificazione dei terreni è conseguenza dei processi di nitrificazione dei composti azotati: in presenza di ossigeno, i batteri nitrificanti trasformano l'ammoniaca (NH_3) in nitrato (NO_3^-), acqua e ione idrogeno (H^+). Nel bilancio netto di questo processo c'è l'aggiunta di una mole di idrogeno per mole di ammoniaca depositata al suolo e nitrificata completamente [35], [36]. A causa di questa deposizione acida, in molti terreni ed ecosistemi naturali si assiste ad un incremento dei fenomeni di eutrofizzazione, le cui principali conseguenze possono essere sintetizzate come segue:

- selezione di nuove specie vegetali con maggiore affinità a terreni subacidi e ricchi di azoto a sfavore di specie vegetali endemiche;
- incremento degli squilibri di nutrienti nel suolo che aumentano il rischio di cambiamenti climatici imponenti [37];

- carichi eccessivi di azoto nei terreni che aumentano il rischio di lisciviazione e percolazione nelle acque superficiali e profonde di forme azotate pericolose per la salute umana (nitrati e nitriti);
- l'aumento dei nutrienti causa una rapida proliferazione e sviluppo di piante acquatiche quali le alghe; il consumo di ossigeno generato dalla decomposizione delle alghe dopo la loro morte provoca fenomeni di asfissia e la morte del bentos, l'alterazione delle catene alimentari e fermentazioni anaerobiche che modificano i parametri organolettici dell'acqua.

L'ammoniaca ha un'azione irritante a livello cellulare dell'apparato respiratorio. Problemi all'esposizione ai gas dell'ammoniaca si hanno a concentrazioni superiori a 50 ppm.

L'ammoniaca se si combina con altri inquinanti o con microrganismi patogeni diventa davvero dannosa per la salute dell'uomo e degli animali.

4. Quantificazione

Recenti stime dell'APAT [38] attestano le emissioni annuali di ammoniaca in Italia in circa 436.600 t, di cui ben 410.400 t (94%) afferiscono al settore primario. Di queste 310.000 t, pari al 71% del totale, sono da attribuire alla gestione delle deiezioni, quasi egualmente ripartite nelle fasi di stabulazione e di stoccaggio. La zootecnia svolge pertanto un ruolo determinante nella problematica delle emissioni di questo gas e pertanto grande importanza deve essere data a tutte le strategie rivolte a contenerle. Le emissioni di ammoniaca cambiano stagionalmente. In funzione della locazione geografica, del clima, della specie animale, della direzione produttiva dell'animale e delle scelte manageriali dell'allevamento (dieta, trattamento dei reflui, genetica dell'animale etc.). Altri parametri da considerare nel calcolo sono: la presenza di microrganismi anaerobici o aerobici nell'ambiente, la presenza di precursori nei reflui, il pH del refluo, il tempo e la temperatura di stoccaggio.

Il calcolo delle emissioni è un parametro condizionato da molte variabili e rende perciò difficile individuare un valore standard di riferimento.

5. Emissioni da allevamenti di vacche da latte

Di seguito verranno presi in considerazione i valori di emissioni di ammoniaca trovati da ricerche bibliografiche relative agli studi eseguiti in materia.

Da ricerche effettuate su allevamenti americani, una stabulazione libera con raschiatore, sala di mungitura, con o senza separazione solido e liquido dei liquami e stoccaggio in laguna, l'emissione è di circa 46 kg NH_3 /animale/anno; i valori di perdite di ammoniaca da utilizzazione agronomica invece non sono presi in considerazione [30]. Da ricerche effettuate su allevamenti europei, le emissioni medie sono invece più

basse perchè non fanno riferimento alla laguna come stoccaggio dei reflui. Asman e Battye nei loro studi [39],[40] calcolano 23 kg NH_3 /animale/anno; Bouwman ricava invece 25 kg NH_3 /animale/anno [41]; nell'inventario EMEP/CORINAIR90 si considera invece 28 kg NH_3 /animale/anno [42]. I tre valori di ammoniaca tengono conto dell'emissione che avvengono nella stabulazione, stoccaggio, utilizzazione agronomica e pascolo.

6. **Pratiche utili per il controllo delle emissioni di ammoniaca [46]**

In questo paragrafo si riportano alcune pratiche che possono essere utilizzate per ridurre le emissioni di ammoniaca provenienti da allevamenti di bovini da latte.

Riduzione dell'emissione di ammoniaca con l'alimentazione:

- ridurre l'apporto di azoto escreto riducendo la proteina nella razione o migliorando il bilancio di amminoacidi;
- aumento di fibra per spostare l'escrezione di azoto dall'urina alle feci;
- agendo sul bilancio elettrolitico della dieta si influenza il pH dell'urina.

Riduzione dell'emissione di ammoniaca nella fase di allevamento:

- ridurre la superficie di emissione delle feci;
- rimuovere frequentemente il liquame;
- filtrare l'aria esausta;
- utilizzare ammendanti (composti acidificanti, materiale enzimatico organico, additivi biologici).

Riduzione dell'emissione di ammoniaca nel trattamento e stoccaggio dei reflui zootecnici:

- copertura della vasca per ridurre le emissioni o raccogliere il gas;
- strappare l'ammoniaca, assorbirla e recuperarla;
- precipitazione chimica (struvite cioè un fosfato idrato di ammonio e magnesio);
- nitrificazione biologica (trattamento aerobico).

4.3 **Metano**

Il metano è prodotto dalla degradazione della sostanza organica in condizioni di anaerobiosi. I microrganismi responsabili, conosciuti collettivamente come metanogeni, decompongono il carbonio (cellulosa, carboidrati, proteine e lipidi) presente nel liquame e nei materiali di lettiera, in metano e anidride carbonica (figura 3.1).

1. Proprietà

Il metano è un gas leggero (densità $0,67 \text{ kg/m}^3$) e quindi non si accumula al suolo. Può essere liquefatto per raffreddamento (-165°C) o per compressione (400 atm). La reazione di combustione del metano è: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 886\text{kJ}$ (212 kcal). Il potere calorifico corrisponde a $52,25 \text{ MJ/kg}$ (12500 kcal/kg) o $37,62\text{MJ/m}^3$ (9000 kcal/m^3); la temperatura di combustione è di $1500\text{-}2000^\circ\text{C}$.

Il metano è un gas serra presente in atmosfera in concentrazioni molto inferiori a quelle della CO_2 ma con un potenziale di riscaldamento globale 21 volte superiore.

2. Quantificazione

Con riferimento alla sopra citata fonte APAT [38] le emissioni annuali di metano in Italia ammontano a circa 2.162.000 t di cui il 37%, pari a circa 800.000 t, provengono dal settore agricolo.

In ambito agricolo la zootecnia, anche in questo caso, copre un ruolo preminente, dato che essa contribuisce a tale cifra con circa 552.000 t (69%) per le fermentazioni gastro-intestinali e con 168.000 t (21%) per la gestione delle deiezioni. Nel complesso, pertanto, la zootecnia copre la quasi totalità delle emissioni, essendo la quota rimanente (80.000 t, pari al 10%) attribuibile alla coltivazione del riso.

Le emissioni di metano dal comparto agricolo incidono su:

- fermentazioni enteriche per il 69%;
- combustione dei residui agricoli per il 0,1%;
- coltivazione del riso per il 10%;
- gestione delle deiezioni per il 21%.

I principali fattori che influenzano le emissioni di metano nella gestione dei reflui sono:

- la quantità di liquame prodotto,
- la proporzione di letame decomposto anaerobicamente,
- la temperatura,
- l'umidità.

3. Effetti

Il metano è uno dei gas ad effetto serra ed è esplosivo ad alte concentrazioni soprattutto nella gestione dei reflui poco areati.

Non viene considerato tossico. Si trova ad alte concentrazioni solo in condizioni di anaerobiosi.

4. Emissioni da allevamenti di vacche da latte

- Le fermentazioni enteriche hanno l'incidenza più alta in campo agricolo. Da studi svolti, da Gobetti e Pellegrini, la composizione media dei gas presenti nel rumine è pari a 25% di CH_4 e del 65% di CO_2 . I litri di gas emessi per animale al giorno sono pari a 350 l CH_4 /capo/giorno [27].
- Durante lo stoccaggio e il trattamento delle deiezioni queste si decompongono anaerobicamente e la quantità dipende dalla biodegradabilità della frazione organica e da come esse vengono trattate.

Quando le deiezioni vengono gestite come liquido (esempio lagone, vasca ecc.) si decompone anaerobicamente e produce significanti quantità di metano. Lo stoccaggio in lagone è designato per bilanciare i microbi metanigeni con il carico organico del refluo e quindi la produzione di metano sarà più alta che le normali vasche di stoccaggio. Il contenuto di sostanza organica viene misurata come solidi volatili. Quando il liquame viene maneggiato come solido tende a decomporsi aerobicamente producendo solo piccole quantità di metano.

La produzione di metano da reflui stoccati è in funzione del contenuto di solidi volatili immessi pari a 0,14 m^3 /kg di SV ovvero questo indice è stato ottenuto utilizzando i dati provenienti da un allevamento di bovini da latte in North Carolina che hanno fatto riferimento a uno studio di stoccaggio in lagoni dei reflui. Lo studio tiene conto della produzione annuale di SV opportunamente corretta dagli autori Joseoh Magino, Deborah Bartram e Amy Brazzy per svincolarla dalle interferenze dovute alla gestione dei reflui [56].

Dallo studio di Morris (1976) il potenziale di produzione di metano dei reflui stoccati in laguna è di 0,24 m^3 /kg di solidi volatili consumati [57]. Con l'utilizzo della copertura sulla vasca di stoccaggio si riducono le perdite di emissione di metano del 50% e con il liquame lasciato a riposo senza agitazione si riducono di 25% per una media di riduzione globale del 60% [48].

Anche mantenendo il pH 6,3 o 8,3 si possono dimezzare le emissioni di metano [50], [49]. Le emissioni di ammonica invece aumentano a pH 9 e si fermano pH 7 (a pH 4,5 non ci sono emissioni di gas) [51].

Il pH ottimale per la produzione di metano è di 7.

L'acidità del letame è un parametro dinamico che varia in funzione del tempo, del tipo di animale, della dieta [52] [53] pertanto il controllo del pH non è affidabile per il controllo delle emissioni.

5. Pratiche utili di controllo delle emissioni

La principale pratica di controllo dell'emissione di metano è lo stato di aerobiosi.

La produzione di metano può essere sfruttata se utilizzata per recuperare energia

termica ed elettrica attraverso la produzione di biogas che presenta un contenuto di circa 65% di CH_4 [32], [33], proveniente da digestione anaerobica.

4.4 Emissione di acido solfidrico o idrogeno solforato

1. Proprietà

L'acido solfidrico è un acido debole, un gas incolore a temperatura ambiente, solubile in acqua (4 g/l a 20°C, in soluzione ha pH 4,5), solubile anche in etanolo (fino a 10 g/l a 20°C), più pesante dell'aria e con odore di uova marce.

2. Provenienza

L'acido solfidrico e altri composti solforati vengono prodotti come decomposizione anaerobica dal letame.

Dal liquame animale si possono identificare due fonti di zolfo: gli amminoacidi solforati contenuti nella razione e un composto inorganico di zolfo (come solfato di rame e solfato di zinco) i quali vengono utilizzati come additivi nella dieta per stimolare la crescita e per soddisfare i fabbisogni di minerali dell'animale. Un'altra possibile fonte, in alcune località, è data dalla presenza di tracce di minerali nell'acqua potabile.

3. Effetti

È considerato un veleno ad ampio spettro, ossia può danneggiare diversi sistemi del corpo. Ad alte concentrazioni paralizza il nervo olfattivo rendendo impossibile la percezione del suo sgradevole odore e può causare incoscienza nell'arco di pochi minuti.

È un gas altamente tossico che normalmente si trova all'interno degli allevamenti a livello di piccole quantità.

4. Emissione in stalle di bovini da latte

Da ricerche effettuate su aziende americane, l'emissione di acido solfidrico H_2S , valutata dall'allevamento di bovini da latte alla gestione dei reflui con stoccaggio in laguna in stato di anaerobiosi, è di 2 kg H_2S /animale/anno.

Utilizzando fonti bibliografiche su allevamenti di suini con stoccaggio dei reflui in laguna, l'emissione riadattata all'allevamento dei bovini è di 7,1 kg H_2S /anno/animale con il lavaggio della stalla e di 18 kg H_2S /anno/animale senza il lavaggio [54], [55].

5. Pratiche utili di controllo delle emissioni

Il controllo della concentrazione dell'acido solfidrico può essere fatto attraverso:

- l'insufflazione di aria;

- lo Scrubber o torre di lavaggio (apparecchiatura che consente di abbattere la concentrazione di sostanze presenti in una corrente gassosa);
- la biofiltrazione (processo biologico di abbattimento degli odori contenuti in correnti gassose sfruttando l'azione di una popolazione microbica eterogenea).

Capitolo 5

Caso studio

5.1 Obiettivi del lavoro

Questa parte della tesi è essenzialmente dedicata alla definizione degli aspetti metodologici per la redazione di una LCA in un allevamento reale di vacche da latte, l'Azienda Agricola Maino, con sede a Sandrigo, in provincia di Vicenza.

In questo allevamento, che verrà più compiutamente descritto nel prossimo paragrafo, sono presenti tutte le fasi produttive tipiche di questa attività:

- a) allevamento di tutte le categorie di animali coinvolti nella produzione del latte (vitelle, manze, manze gravide, vacche);
- b) sistemi di stabulazione con impiantistica devoluta alla raccolta e asportazione delle deiezioni dalla stalla;
- c) sistemi di trattamento e conservazione delle deiezioni in azienda;
- d) sistemi di trasporto e distribuzione delle deiezioni sui terreni aziendali;
- e) produzione, conservazione e preparazione dei foraggi per l'alimentazione degli animali.

La definizione della LCA verrà limitata alle fasi b), c) (e parzialmente e)), nell'ambito delle quali si procederà al rilievo dei dati di input ed output significativi (figura 5.4).

In particolare, per quanto riguarda la fase c), verranno ipotizzate le seguenti soluzioni gestionali:

- c1) stoccaggio diretto delle deiezioni provenienti dalla stalla senza alcun trattamento preventivo (figura 5.1);

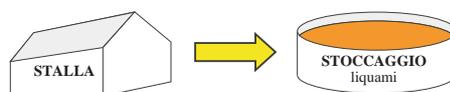
SOLUZIONE C1

Figura 5.1: Soluzione C1

c2) digestione anaerobica delle deiezioni provenienti dalla stalla e stoccaggio del digestato senza alcun trattamento a suo carico (figura 5.2);

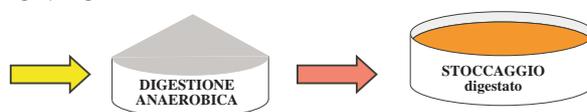
SOLUZIONE C2

Figura 5.2: Soluzione C2

c3) digestione anaerobica delle deiezioni provenienti dalla stalla (senza trattamenti preventivi), separazione liquido solido con decanter del digestato, trattamento nitro/denitro del chiarificato con impianto MBR, trattamento di affinamento fisico dell'effluente da MBR con Osmosi Inversa (RO), stoccaggio degli effluenti da RO (retentato e acqua depurata) (figura 5.3).

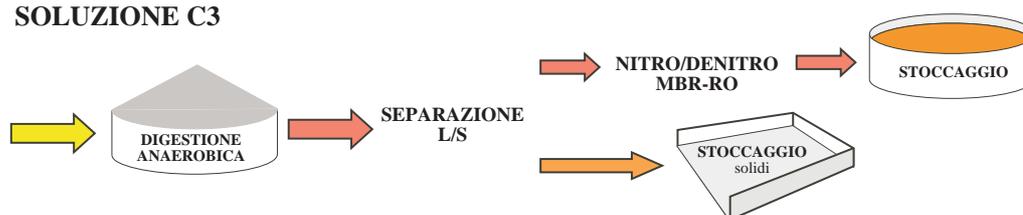
SOLUZIONE C3

Figura 5.3: Soluzione C3

Con la redazione della LCA si andranno pertanto a confrontare i risultati ottenuti dalle tre anzidette ipotesi gestionali, che avranno in comune la fase a).

Da ciò sarà pertanto possibile comprendere quale delle tre soluzioni meglio contempererà le istanze ambientali in fatto di contenimento delle emissioni potenzialmente nocive per l'ambiente (con particolare riferimento a ammoniaca e metano), di consumi energetici e di gestione della risorsa idrica (risparmio/riutilizzo dell'acqua).

Di seguito, pertanto, si procederà dapprima alla definizione degli aspetti metodologici, riconducibili alla impostazione della LCA, successivamente alla esposizione dei risultati

ottenuti.

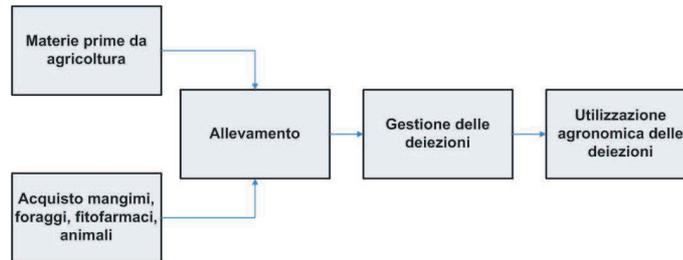


Figura 5.4: Ciclo di vita della gestione delle deiezioni

5.2 Breve descrizione dell'Azienda Agricola Maino

L'impresa Maino snc è un'azienda agricola a conduzione familiare che ha come fine la produzione e vendita di latte e la selezione e miglioramento genetico degli animali.

L'azienda nasce nel 1951 per opera di Gabriele Maino aiutato dai figli Girolamo Giuseppe e Giovanni Giordano. Acquisisce nel giro di qualche anno un'autonomia ed un'immagine propria che le permettono di divenire fornitore della Cooperativa di trasformazione locale. Oggi l'azienda è gestita da Carlo, il figlio del signor Girolamo Giuseppe, che è un agrotecnico e da sette dipendenti di cui quattro full-time e tre part-time.

I quattro dipendenti full-time sono: un tecnico responsabile della qualità, un mungitore; gli altri due svolgono mansioni di diverso genere come cura dell'alimentazione del bestiame, lavori nei campi, mungitura mentre i restanti tre dipendenti part-time si occupano dell'amministrazione, del punto vendita, dello svezzamento dei vitelli e delle pulizie degli appartamenti per turisti. Oltre ai dipendenti fissi ci sono anche altri collaboratori: due veterinari e due operatori che sono uno responsabile del funzionamento dell'impianto del biogas e l'altro del robot da mungitura.

I 700 capi presenti in azienda sono iscritti al Libro Genealogico della razza Frisona Italiana e registrati in anagrafe bovina tramite una Smart Card che consente l'aggiornamento in tempo reale della Banca Dati Nazionale dell'ASL.

L'azienda si estende su un'area di 125 ha di cui 0,75 ha sono coperti (ricoveri degli animali, fienile, sala di mungitura parallela 12x12 e locali annessi, sala di mungitura con l'uso del robot, ricovero attrezzi e macchinari).

Le modalità di mungitura dall'anno 2008 sono diventate due. Oltre alla sala di mungitura parallela è attivo anche un sistema di mungitura volontario robotizzato De Laval detto VMS, acronimo di "Voluntary Milking System". Questo sistema permette mediante una telecamera di riconoscere l'animale e individuare le bovine che non sono state munte almeno due volte al giorno. I dati inerenti le caratteristiche della produzione e qualità del

latte vendono immagazzinate nel database del computer.

La produzione di latte in costante crescita è passata dai 300 kg/giorno nei primi anni '60, agli attuali 8.500 kg/giorno circa di latte con caratteristiche di "Alta qualità". Entro la fine del 2008 si propone di superare i 9.000 kg/giorno di latte e aumentare il patrimonio zootecnico con un totale di 800 capi.

Oltre alla produzione e vendita del latte in soccida allevano anche i vitelloni da carne fino all'età di 10-12 mesi, vengono poi macellati e la carne venduta congelata nel punto di vendita dell'azienda. La filiera dall'allevamento e la commercializzazione della carne è certificata dalla ISO 9001 e ISO 22000. La ISO 22000 deve garantire un rigoroso controllo di tutta la filiera sia della parte che viene fatta al di fuori dell'azienda (outsourcing) che quella all'interno. Al di fuori dell'impresa viene infatti svolta la macellazione, il sezionamento, il porzionamento, il confezionamento e il congelamento.

L'azienda è inoltre un'agriturismo riconosciuto dalla regione Veneto. Sono presenti infatti due appartamenti autonomi con lo scopo di promuovere il "turismo verde".

L'attività commerciale in situ è rappresentata da prodotti delle Latterie Vicentine, da carne congelata prodotta in azienda e da latte fresco da un distributore accessibile al pubblico nelle 24 ore.

L'azienda dispone di un impianto di biogas dove, attraverso l'impegno di liquami, insilato di orzo e residui dell'umido produce, produce energia elettrica e termica. L'energia elettrica viene in parte utilizzata per il funzionamento dell'impianto di biogas, per la sala di mungitura e per l'agriturismo mentre il surplus è venduto al GSE "Gestore Servizi Elettrici". In futuro l'azienda utilizzerà anche l'energia termica per il teleriscaldamento; attualmente questa energia viene dispersa nell'ambiente e presenta una notevole perdita economica.

Il settore di riutilizzazione dei rifiuti agricoli come fonte di energia alternativa in questi anni sta diventando di importanza mondiale. La necessità di investimento in questo ambito è anche dettata dalla Direttiva Nitrati che prefigge dei limiti massimi di azoto nei terreni agricoli per prevenire l'inquinamento delle acque.

L'obiettivo di questa innovativa azienda è quello di diffondere il concetto di "fattoria sostenibile". Gli strumenti con i quali sta cercando di diffondere questo concetto sono: fattorie aperte, fattorie didattiche e notizie consultabili sul sito internet. Con questi strumenti si cerca di far capire alla società che la circonda l'importanza di conoscere, rispettare e sfruttare al meglio l'ambiente e nello stesso tempo di poter svolgere le varie attività in modo autonomo creando così un ciclo naturale in sintonia con la natura.

La costanza e la passione con quale questa azienda sta lavorando diventa un esempio come tradizione e storia contadina possano coesistere con la ricerca e sviluppo. Nello stesso tempo cerca di soddisfare l'esigenza di ciascun cliente infondendo sicurezza e tranquillità nei prodotti che sta acquistando nel punto vendita aziendale.

5.3 Materiali e metodi

5.3.1 Unità funzionale

L'unità funzionale adottata, che costituisce l'oggetto d'indagine cui vengono associati gli impatti ambientali, è la produzione giornaliera di deiezioni zootecniche espressa in tonnellate anno di deiezioni.

5.3.2 Individuazione dei dati necessari

La raccolta dati è una delle parti più delicate e importanti per lo sviluppo di un Ciclo di Vita (LCA) e pertanto richiede una particolare attenzione nella ricerca di dati attendibili. I dati raccolti sono stati suddivisi in dati primari o rilevati (provenienti da rilevamenti diretti all'interno dell'azienda), dati secondari o fonte bibliografica (di più difficile reperibilità, ricavati da letteratura come database e altri studi) e dati terziari o stimati.

Di seguito per una miglior comprensione della raccolta dati verrà illustrata nella tabella 5.1 suddividendo i dati in primari, secondari e terziari.

Sono state utilizzate più fonti per valutare meglio la qualità del dato evitando di incorrere in errori di sovra o sottostima. Pertanto i dati provengono da fatture, bilanci aziendali, analisi di laboratorio e contatori presenti in azienda. Per la determinazione di alcuni valori si è dovuto ricorrere decreti ministeriali, a fonti bibliografiche, database, mentre per i dati di più difficile reperibilità è stato richiesto direttamente al proprietario dell'azienda di fare una stima media del dato.

5.4 Inventario: LCI o Bilancio Ambientale

Il calcolo dell'inventario è preceduto dall'individuazione degli input e degli output di rilevanza ambientale, reale e potenziale, relativi al sistema oggetto di studio.

Viene illustrato di seguito uno schema generale per individuare gli input ed output differenti a seconda del trattamento utilizzato (figure 5.5, 5.6 e 5.7).

5.4.1 Allevamento

Nella fase di allevamento vengono prese in considerazione come dati di input il numero di capi, i kg di azoto (N) presenti nella razione delle pluripare, primipare, avanti, rimonta e vitelli, la quantità di acqua utilizzata nella pulizia di stalla e della sala di mungitura e di abbeverata, l'energia necessaria per il funzionamento della sala di mungitura (kWh).

Questa fase è stata sviluppata in modo da poter essere utilizzata come base comune sia nel caso della soluzione C1, C2 e C3.

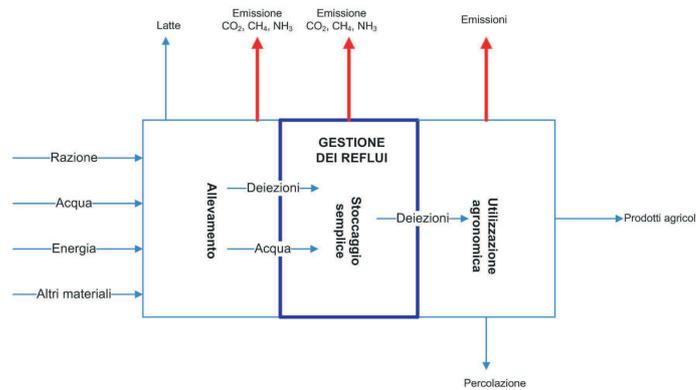


Figura 5.5: Flusso di input ed output in un processo che utilizza la soluzione C1

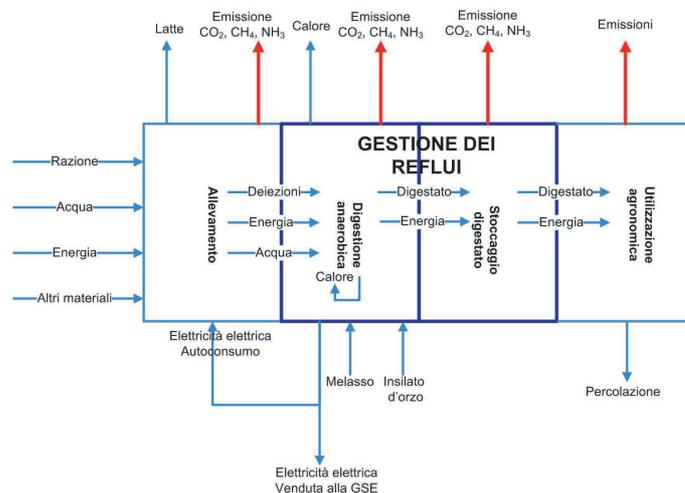


Figura 5.6: Flusso di input ed output in un processo che utilizza la soluzione C2

- Numero di capi vengono convertiti in Unità Bovini Adulti¹.
- kg di azoto presenti nella razione: sono stati calcolati dal quantitativo di proteina greggia facilmente consultabile dai cartellini presenti in azienda; si possono così identificare i kg di azoto per anno (figura 5.8).
- Quantità di acqua utilizzata nella pulizia della stalla e sala di mungitura: i dati possono essere rilevati dal contatore dell'acqua o da dati ufficiali o eventuali dati bibliografici (figura 5.9).
- Acqua di abbeverata per anno: è stato raccolto da bibliografia: 150 l/capo/giorno per capo grande e 30 l/capo/giorno per capo piccolo (figura 5.9) [25].
- L'energia utilizzata dalla sala di mungitura viene considerata tutta proveniente da

¹1UBA= vacche in produzione e asciutta; 0,8 UBA= manze e vitelle sopra 1 anno; 0,4 UBA= vitelle e vitelli fino a 1 anno



Figura 5.9: Flusso acqua di lavaggio e abbeverata



Figura 5.10: Flusso dell'energia elettrica

fatto riferimento a dati presenti in letteratura. La loro misurazione sarebbe stata inutile dal punto di vista pratico visto l'elevato numero di studi già effettuati in questo campo [27].

Dalla respirazione per quantificare l'anidride carbonica prodotta si utilizzano i seguenti dati: ad ogni atto entrano 400 ml di aria/atto respiratorio per un numero di atti respiratori pari a 20 al minuto e con una concentrazione del 4% di CO_2 . Si trasforma il valore da litri a moli e convertendolo in kg.

Dagli studi fatti si è determinata una composizione media di gas presenti nel ruminale pari al 25% di metano e del 65% di anidride carbonica. I litri di gas emessi per animale al giorno sono pari a 350 litri CH_4 /capo/giorno e 910 litri CO_2 /capo/giorno. Per trasformare da litri a moli si utilizza il fattore di conversione 22,4 mentre per trasformare in chilogrammi si usa il Peso Molecolare dell'anidride carbonica pari a 44 e per il metano pari a 16 (figura 5.11).

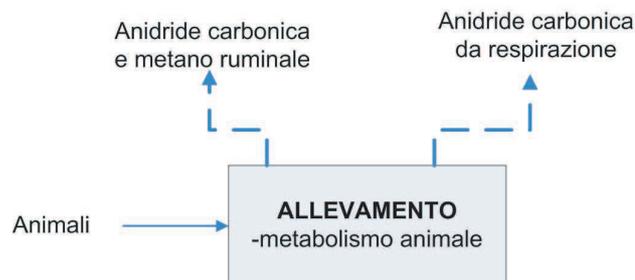


Figura 5.11: Flusso dell'emissioni provenienti dal metabolismo animale

- Consumo di combustibile: viene preso in considerazione il consumo di gasolio del carro unifeed. Da decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 434/23-11-2000 (regolamento recante recepimento della direttiva 98/70/CE relativa alla qualità

della benzina e del combustibile diesel) il tenore di zolfo è fissato con un limite massimo di 50 ppm (mg/kg). Si converte in SO_2 moltiplicando per 2 (derivante dal rapporto tra $PM\ SO_2=64$ e $PM\ S=32$). L'emissione di anidride carbonica invece da fonte I.T.C.A-2003 [59] è pari a 76,7 $kgCO_2/GJ$ (figura 5.12).

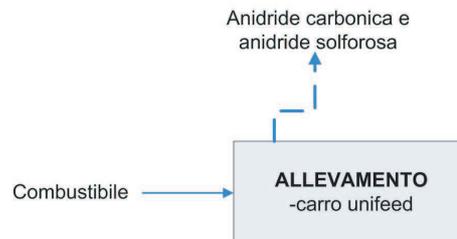


Figura 5.12: Flusso del combustibile utilizzato per il carro Unifeed

- Per completezza, sono stati raccolti anche dati sui rifiuti in base alle fatture emesse dall'Azienda Servizi Ambientali, che opera nella gestione e conferimento a discarica di rifiuti pericolosi attraverso le fasi di accettazione, stesura, compattazione e copertura (figura 5.13).

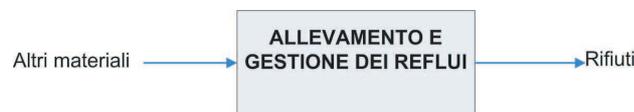


Figura 5.13: Flusso dei materiali

5.4.2 Gestione delle deiezioni

La seconda unità di processo è il punto centrale di questo studio che vuole prendere in considerazione differenti trattamenti dei reflui al fine di trovare quello con il migliore impatto ambientale sostenibile e che dia, allo stesso tempo, un contributo nel campo dell'energia da fonti rinnovabili.

Nella gestione delle deiezioni sono stati considerati 3 soluzioni: stoccaggio semplice, digestione anaerobica + stoccaggio e digestione anaerobica + separazione L/S + trattamento biologico della frazione liquida + stoccaggio degli effluenti.

5.4.3 Gestione dei reflui: aspetti comuni

Gli input in comune tra i trattamenti dei reflui presi in esame di seguito illustrati sono i kg di azoto escreti con le deiezioni e l'acqua di lavaggio proveniente dalla fase di allevamento. Gli output invece sono differenziati a seconda del trattamento utilizzato.

Analizziamo in questo paragrafo gli input comuni alla soluzione C1 e la soluzione C2.

- kg di azoto escreti con le deiezioni: sono stati valutati mettendo a confronto tre metodi. Verranno illustrati i valori di riferimento definiti da dati ufficiali mentre per il terzo, mediante analisi di laboratorio, verrà illustrato specificatamente a seconda che si utilizzi la soluzione C1 o la soluzione C2 nel paragrafo dedicato.

Il primo metodo si basa sui parametri indicati dai dati ufficiali e considera il peso vivo medio e il metodo di stabulazione ovvero: lattifere $33 \text{ m}^3/\text{t PV}/\text{anno}$ con peso vivo pari a 0,6 t, manze e vitelle sopra l'anno $26 \text{ m}^3/\text{t PV}/\text{anno}$ con peso vivo pari a 0,30 t, vitelle e vitelli fino a 1 anno $22 \text{ m}^3/\text{t PV}/\text{anno}$ con peso vivo pari a 0,1 t. Da questi dati standard si ottiene la produzione di deiezioni. La produzione di azoto tiene conto del peso vivo e la categoria di animale, pertanto per vacche in produzione e asciutta è pari a $138 \text{ kg}/\text{t PV}/\text{anno}$ mentre per manze e vitelle e per vitelli e vitelle fino a 1 anno è pari a $120 \text{ kg}/\text{t PV}/\text{anno}$.

Il secondo metodo, basato anch'esso sui parametri indicati dall'allegato F Dgr. n. 2439, utilizza i kg di azoto emessi mediamente dal capo, differenziandolo a seconda della categoria: vacche $83 \text{ kgN}/\text{anno}$, rimonta fino al primo parto $36 \text{ kgN}/\text{anno}$ e vitelli in svezzamento $36 \text{ kgN}/\text{anno}$.

- Acqua di lavaggio: si veda il paragrafo inerente la fase di allevamento.

5.4.4 Soluzione C1

Nella soluzione C1 le deiezioni vanno direttamente nella vasca di stoccaggio aperta.

L'input di kg di azoto escreto fa riferimento alle analisi di laboratorio effettuate su deiezioni fresche utilizzando il valore di azoto valutato con il metodo Kjeldahl (TKN%) e il valore dei solidi totali (ST %). Si calcolano i solidi totali da cui si ricavano kgTKN/anno . Dai dati ufficiali le emissioni di ammoniaca sono pari al 28% e da questo valore poi si ottiene l'azoto netto che potrà essere distribuito in campo.

Gli output presi in considerazione, che caratterizzano la fase di stoccaggio in vasca, sono le perdite di azoto sottoforma di ammoniaca, metano e anidride carbonica.

Per ottenere le emissioni di ammoniaca convertite da azoto si utilizza il fattore di conversione 1,21 (rapporto 17/14).

- Da dati ufficiali, considerando una percentuale di perdite del 28% NH_3 , utilizzando i valori riferiti al peso vivo o alla categoria di animale.
- Da analisi di laboratorio (con il 28% di emissione di NH_3)
- Da fonte bibliografica americana su tipologia lagone ("Lagoon") si considera un valore pari a $46 \text{ kgNH}_3/\text{unità animale}/\text{anno}$. L'Unità animale corrisponde a 0,7 per vacca lattifera.

Per l'emissione di metano si è utilizzato come fonte principale quella da fonte bibliografica per poi metterla in comparazione con quella derivante da analisi di laboratorio effettuata sui reflui dell'azienda Maino.

E' stato utilizzato un valore di efficienza di trasformazione di metano di $0,14\text{m}^3/\text{kg SV}$, i solidi volatili sono stati corretti con il fattore 0,8 (si faccia riferimento al Capitolo 4) [56]. La quantità di solidi volatili è pari a $705\text{ tSV}/\text{anno}/500\text{ Animal Unit}$ cioè $691\text{ tSV}/\text{anno}$ [58]. Moltiplicando per 0,8 (valore di correzione che dipende dal gestione del refluo), per $0,14\text{ m}^3/\text{kg SV}$ e per la densità del metano pari a $0,67\text{ kg}/\text{m}^3$ e otteniamo i $\text{kgCH}_4/\text{anno}$. Dall'analisi di laboratorio i solidi volatili risultano pari 4,9% di solidi volatili su un quantitativo annuale di deiezioni. Si utilizza lo stesso fattore per la determinazione dell'emissione di metano ($0,14\text{ m}^3/\text{kg SV}$) (figura 5.14).

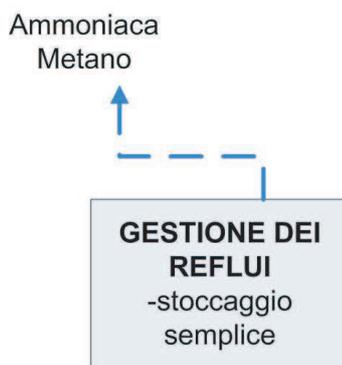


Figura 5.14: Flusso delle emissioni nella soluzione C1

5.4.5 Soluzione C2

Nella soluzione C2 le deiezioni convogliate sotto il grigliato della stalla confluiscono alla prevasca, dove viene aggiunto insilato di orzo e melasso; vengono poi trasferite direttamente al gasometro mesofilo (che lavora a 38°C) dove, a differenza della soluzione C1, si utilizzano le emissioni di gas per la produzione energia. Dopo un periodo di circa 40 giorni il digestato viene immesso nelle due vasche di stoccaggio, dalle quali verrà prelevato per l'utilizzo agronomico.

- L'azoto presente nelle deiezioni digerite è stato determinato tramite i dati ufficiali, l'allegato F Dgr n.2439 e analisi di laboratorio. È stato stimato che giornalmente vengono prodotti 50 m^3 di liquame digestato con 3,60% di Solidi Totali (ST) e azoto Kjehldal totale (TKN) pari a 7,30% sulla Sostanza Secca (SS). Si considera una perdita del 28% di ammoniaca.

La quantificazione dei kg di azoto seguendo le linee guida del decreto è stato illustrato nella parte in comune della fase di gestione delle deiezioni.

- Energia elettrica utilizzata per il funzionamento dell'impianto di biogas: tale energia viene considerata ad impatto ambientale nullo in quanto si presume prodotta dall'impianto stesso.

Gli output considerati in questo trattamento sono le emissioni di ammoniaca, anidride carbonica da biogas e da emissione derivante da energia elettrica e metano.

L'emissione di ammoniaca viene convertite da azoto ad ammoniaca tramite il fattore di conversione 1,21 (rapporto 17/14):

- dai dati ufficiali utilizzando i valori riferiti al peso vivo e con allegato F Dgr n.2439 riferiti alla categoria di animale allevata (si faccia riferimento al valore espresso per la soluzione C1);
- da analisi di laboratorio considerando il 28% di emissione di NH_3 ;
- da fonte bibliografica europea; è stato utilizzato un valore medio trovato da varie fonti di 25 $kgNH_3$ /unità animale/anno (0,7 fattore di conversione vacca lattifera) [39],[40], [41], [42].

L'anidride carbonica sviluppata nell'impianto di biogas è dell'ordine di 43% sul totale dei gas prodotti. Dai dati aziendali la performance del processo si attesta a 1000 m^3 di biogas al giorno. L'impianto di biogas ha una produzione mediamente del 57% di metano. Nel presente lavoro si è considerato che tutto il metano venga combusto e trasformato in anidride carbonica (figura 5.15).

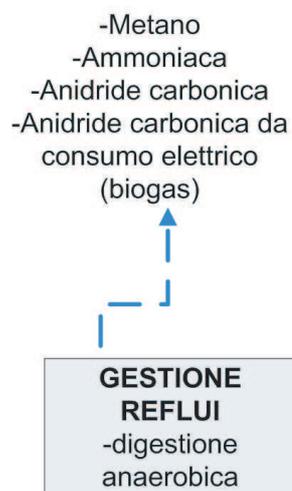


Figura 5.15: Flusso delle emissioni nella soluzione C2

5.4.6 Soluzione C3

Nella soluzione C3 il trattamento di separazione L/S e trattamento biologico della frazione liquida fa seguito alla digestione anaerobica. Per gli input nella fase di gestione delle deiezioni si fa riferimento ai dati della soluzione C2 che si differenziano per il maggior consumo di energia elettrica.

Si elencano di seguito le attrezzature utilizzate per la separazione liquido/solido con le relative potenze:

- decantatore centrifugo: potenza di 11,0 kW;
- separatore a tamburo: potenza di 2,5 kW;
- separatore a vite: potenza di 5 kW.

Gli output di ammoniaca della soluzione C3 sono trascurabili. Nella fase di allevamento se le deiezioni vengono asportate giornalmente non sussistono le condizioni che portano alla produzione di ammoniaca; nello stoccaggio in cumulo la componente solida presenta ridotti scambi gassosi qualora non venga rivoltata. Nella componente liquida, grazie al trattamento di nitrificazione e denitrificazione, l'ammoniaca già presente o che si è sviluppata durante lo stoccaggio, viene trasformata quasi totalmente in azoto atmosferico (N_2) [43] e [44].

Per il consumo di energia elettrica si sceglierà il metodo più efficiente di separazione tra quelli sopra elencati, seguirà il trattamento biologico di nitro/denitro mediante membrana (MBR) e quello di osmosi inversa (RO) come indicato nel Capitolo 3.

Per le emissioni di metano si fa riferimento a quanto detto per la soluzione C2 (figura 5.16).

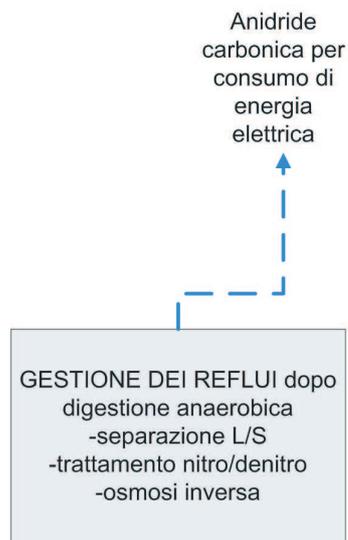


Figura 5.16: Flusso delle emissioni provenienti da separazione L/S, nitro-denitro e osmosi inversa

Tabella 5.1: Le categorie di dati

Dato	Primario	Secondario	Terziario
FASE DI ALLEVAMENTO			
Numero di capi	X		
kg di razione	X		
acqua di abbeverata		X	
acqua di lavaggio	X		
energia sala mungitura			X
CH_4 ruminale		X	
CO_2 ruminale		X	
CO_2 respirazione		X	
deiezioni prodotte			X
rifiuti CER	X		
combustibile			X
FASE GESTIONE REFLUI soluzione C1			
N lordo reflui	X	X	
Emissione di CH_4		X	
Emissioni di NH_3		X	
FASE GESTIONE REFLUI soluzione C2			
N lordo reflui	X	X	
NH_3 deiezioni		X	
Produzione biogas	X		
Energia per digestore			X
CO_2 biogas		X	
CH_4 biogas		X	
CO_2 combustione di CH_4			X
CO_2 digestore		X	
FASE GESTIONE REFLUI soluzione C3			
N lordo reflui	X	X	
NH_3 deiezioni		X	
Energia per digestore			X
Produzione biogas	X		
CO_2 biogas		X	
CH_4 biogas		X	
CO_2 combustione di CH_4			X
Energia per sep.L/S;MBR;RO		X	
CO_2 sep.L/S; MBR; RO		X	

Capitolo 6

Risultati ottenuti

6.1 Fase di allevamento

Dati di input in comune alla soluzione C1, C2 e C3 (tabella 6.3).

- Numero di capi presenti in azienda: vedi tabella 6.1

Tabella 6.1: Composizione della mandria dell'Azienda Maino

Categoria	Numero capi	Fattore di conversione	UBA
Vacche in produzione e asciutta	300	1	300
Manze e vitelle sopra 1 anno	220	0,8	176
Vitelli e vitelle fino a 1 anno	180	0,4	72

- kg di azoto presenti nella razione: avendo a disposizione il contenuto di azoto presente nelle deiezioni tramite studi compiuti nella regione Veneto, da dati ufficiali che quantificano l'escrezione in base al peso dell'animale e analisi dirette di laboratorio sui reflui, per semplicità di calcolo non è stato preso in considerazione il suo valore presente nella dieta.

In allegato, per completezza, verrà illustrato il riassunto della razione utilizzata per le vacche lattifere.

- Quantità di acqua utilizzata nella sala di mungitura: si è fatto riferimento al contatore dell'acqua con un dato medio giornaliero di 2,5 t/giorno e annuale di 912,5 t/anno.

Dai dati ufficiali la produzione giornaliera ha un range di 15-60 l/capo mungitura e si è considerato un valore medio di 20. Il numero di mungiture svolte nell'azienda è di 3 per giorno. La produzione totale di acqua è di 17,1 t/d che verrà sommata alla produzione dei liquami.

- Acqua di abbeverata per anno: 150 l/capo/giorno per capo grande e 30 l/capo/giorno per capo piccolo [25].

Il quantitativo complessivo di acqua utilizzata dall'animale per il suo fabbisogno idrico è pari a 16.425 t/anno per capi grandi (300 capi) mentre di 4.380 t/anno per capi piccolo (400 capi).

- I dati forniti dall'Azienda Maino la produzione di energia elettrica annuale è di 880.000 kWh, considerando che il co-generatore funziona ad una potenza media di 110 kW per 8.000 ore anno (si sono considerate circa 700 h/anno di fermo impianto per manutenzione). Per ottenere l'ammontare di energia comprata annualmente dal GSE è stato utilizzato il bilancio economico dell'azienda del 2007, dal quale risulta una spesa per l'acquisto di energia elettrica pari a 6.761 euro/anno (al netto dei costi fissi, stimati per il 30% del totale). Considerando il costo dell'energia, pari a 0,0913 euro/kWh, risultano acquistati 74.052 kWh. L'energia prodotta dall'impianto di biogas e venduta al GSE, è invece di 83.671 kWh (considerando un introito annuo di 11.463 euro e una retribuzione di 0,137 euro/kWh [26]).

Dall'analisi delle quantità di energia prodotta, acquistata e venduta, si è quindi stimato un fabbisogno aziendale pari a 870.381 kWh/anno.

FABBISOGNO AZIENDALE = (ENERGIA PRODOTTA - ENERGIA VENDUTA)+ ENERGIA COMPRATA

L'emissione di anidride carbonica media tra le diverse fonti energetiche non rinnovabili è di 0,75 kg/kWh [28]. Al funzionamento dell'impianto di mungitura è stato attribuito l'80% del fabbisogno energetico aziendale, quindi 696.301 kWh/anno con un'emissione di 522.226 kgCO₂/anno.

- Il consumo di combustibile è stimato dall'azienda ed è pari a 10.800 l/anno utilizzato per il carro unifeed.

I dati di output comuni ai tre trattamenti, invece, sono identificati nelle tonnellate di acqua che andranno ad aggiungersi ai liquami e le emissioni derivanti dal metabolismo animale (ruminazione e respirazione) (tabella 6.3).

- Acqua di lavaggio sala di mungitura: vedi dati input precedenti.
- Metabolismo animale: dalla respirazione otterremo 4.204.800 lCO₂/capo/anno. Trasformato il valore da litri a moli e convertendo in kg, la mandria (UBA pari a 473) emette 4.526.167 kgCO₂/anno.

Dalla ruminazione invece la produzione di gas è pari a 50.005 kgCH₄/anno e 357.536 kgCO₂/anno (con le opportune conversioni da litri a moli e poi in kg).

La quantità di anidride carbonica proveniente dalla ruminazione e respirazione è di

4.883.703 kgCO₂/anno mentre il valore di metano derivante dalla ruminazione è pari a 50.005 kgCH₄/anno.

- Dati sui rifiuti aziendali: quantificati dalle fatture emesse dall'Azienda Servizi Ambientali, riferiti all'anno 2007(6.2). Il dato totale di rifiuti prodotti è di 5 t/anno.

Tabella 6.2: Elenco e quantità dei rifiuti aziendali-CER

codice CER	Tipo di rifiuto	Quantità[kg]
180202	Rifiuti che devono essere raccolti e smaltiti applicando precauzioni particolari per evitare infezioni	260
160107	Filtri dell'olio	85
130205	Scarti di olio minerale per motori, ingranaggi e lubrificanti, clorurati	85
160103	Pneumatici usati fuori uso	100
150102	Imballaggi in plastica	920
020104	Rifiuti di plastica (ad esclusione degli imballaggi)	2.100
150106	Imballaggi in materiale misto	1.500

- L'emissione di anidride carbonica e anidride solforosa da combustibile a gasolio utilizzata per il carro unifeed è pari, rispettivamente, a 28.798 kgCO₂/anno e 0,92 kgSO₂/anno.

6.2 Gestione dei reflui: aspetti comuni

Analizziamo in questo paragrafo gli input comuni alla soluzione C1, C2 e C3 (tabella 6.4).

- Quantificazione dei kg di azoto lordo e netto escreti con le deiezioni:
 1. da dati ufficiali legati al peso vivo dell'animale. Suddivido la mandria in 300 vacche in produzione e asciutta, in 220 manze e vitelle sopra l'anno e 180 vitelli e vitelle. Si ottengono 14.294 t/anno di deiezioni prodotte a cui è stato aggiunto un quantitativo di acqua di 6.242 t/anno. La produzione di azoto netto è quindi pari a 34.920 kg/anno (per i valori standard si veda il paragrafo Materiali e metodi). La produzione di azoto lordo (con una perdita di ammoniaca pari al 28%) è pari a 48.500 kg/t pv/anno.
 2. dall'allegato F Dgr. n.2439 la produzione di azoto al netto delle perdite, è pari a 39.300, mentre la produzione lorda è di 54.583 kg/anno (con una perdita di NH₃ del 28%).

Tabella 6.3: Inventario: fase di allevamento (base comune)

Input	Unità di misura	Quantità
Numero capi	UBA	548
Acqua di abbeverata	t/anno	20.805
Acque di lavaggio	t/anno	6.241
Energia sala di mungitura	kWh/anno	696.301
Combustibile	kg/anno	9.180
Output	Unità di misura	Quantità
Deiezioni	t/anno	14.294
Latte prodotto	t/anno	3.103
Acque di lavaggio	t/anno	6.241
Respirazione	kgCO ₂ /anno	4.526.167
Ruminazione	kgCO ₂ /anno	357.536
Ruminazione	kgCH ₄ /anno	50.005
Rifiuti	t/anno	5
Combustibile	kgSO ₂ /anno	0,92
Combustibile	kgCO ₂ /anno	28.798
Energia	kgCO ₂ /anno	522.226

3. dall'analisi di laboratorio: si veda paragrafo Soluzione C1, Soluzione C2.

- acqua di lavaggio: si veda il paragrafo inerente la fase di allevamento.

6.3 Soluzione C1

Nell soluzione C1 le deiezioni vanno direttamente nella vasca di stoccaggio aperta.

L'input di kg di azoto escreto fa riferimento alle analisi di laboratorio effettuate su deiezioni fresche, 39.160 kg/giorno, con azoto totale (TKN) pari a 4,45% e solidi totali (ST) 6,1%. Grazie alle analisi di laboratorio si sono calcolati i solidi totali pari a 2.389 kgST/giorno da cui si ricavano 106 kgTKN/giorno.

Utilizzando il 28% di emissione di ammoniaca definito da dati ufficiali, l'azoto al netto delle perdite è pari a 27.936 kgN/anno mentre la produzione lorda è pari a 38.800 kg/anno.

Gli output presi in considerazione che caratterizzano la fase di stoccaggio in vasca sono le perdite di azoto sotto forma di ammoniaca, metano e anidride carbonica (tabella 6.5).

- Emissione di ammoniaca convertite da azoto ad ammoniaca tramite il fattore di conversione 1,21 (rapporto 17/14):

- riferiti al peso vivo, considerando una percentuale di 28% NH_3 , è stata valutata un'emissione di 16.490 kg NH_3 /anno;
 - riferiti all'allegato F DGR n.2439, considerando una percentuale di 28% NH_3 , è stata valutata un'emissione è di 18.493 kg NH_3 /anno riferiti alla categoria di animale allevata;
 - da analisi di laboratorio (con il 28% di emissione di NH_3) un valore pari a 13.145 kg NH_3 /anno;
 - da fonte bibliografica americana su tipologia "Lagoon" si è considerato un valore pari a 46 kg NH_3 /unità animale/anno ¹ per un totale di emissione di 30.502 kg NH_3 /anno.
- L'emissione di metano viene calcolata utilizzando il valore indiretto di 0,14 per la determinazione di kg CH_4 /anno. La quantità di solidi volatili è pari a 705 t SV/anno/500 Animal Unit [58]. Il valore per l'intera mandria è di 691 tSV/anno. Moltiplicando per 0,8 (valore di correzione), per 0,14 e 0,67 otteniamo 65.000 kg CH_4 /anno. Dall'analisi di laboratorio i solidi volatili risultano pari a 700.382 kgSV/anno (4,9% di solidi volatili) su un quantitativo annuale di 14.294 t di deiezioni. Utilizzando lo stesso fattore per la determinazione dell'emissione di metano (0,14) l'emissione risulta pari a 53.000 kg CH_4 /anno.

6.4 Soluzione C2

Gli input (tabella 6.4):

- Azoto presente nelle deiezioni quantificato tramite analisi di laboratorio. È stato stimato che giornalmente viene prodotto 39.160 kg/giorno di liquame digestato con 3,60% di Solidi Totali (ST) e azoto Kjeldhal totale (TKN) pari a 7,30% sulla Sostanza Secca (SS). L'azoto lordo prodotto annualmente è di 37.563 kgN/anno. Utilizzando un'emissione del 28% di ammoniaca, l'azoto netto al campo risulta pari a 24.837 kgN/anno. La quantificazione dei kg di azoto da dati ufficiali e da Dgr n.2439/2007 è stato illustrato nella parte in comune della fase di gestione delle deiezioni.
- Energia elettrica utilizzata per il funzionamento dell'impianto di biogas: tale energia viene considerata ad impatto ambientale nullo in quanto viene prodotta dall'impianto stesso ed è pari mediamente a 43.519 kWh/anno (5% del fabbisogno aziendale che è pari a 870.376 kWh/anno).

¹Unità animale: 0,7 fattore di conversione vacca lattifera

Gli output considerati in questo trattamento sono le emissioni di ammoniaca, anidride carbonica da biogas e da emissione derivante da energia elettrica e metano (tabella 6.5). L'emissione di ammoniaca viene convertita da azoto ad ammoniaca tramite il fattore di conversione 1,21 (rapporto 17/14):

- utilizzando i valori riferiti al peso vivo e riferiti alla categoria di animale allevata (si faccia riferimento al valore espresso nella soluzione C1);
- da analisi di laboratorio (con il 28% di emissione di NH_3) un valore pari a 12.726 kg NH_3 /anno;
- da fonte bibliografica europea; è stato utilizzato un valore medio trovato da varie fonti di 25 kg NH_3 /unità animale/anno per un totale di emissione dell'intera mandria di 16.577 kg NH_3 /anno [39],[40], [41], [42].

L'anidride carbonica presente nel biogas è pari al 43% in volume sul totale. Dai dati aziendali la produzione di biogas è di 1.000 m^3 al giorno. Annualmente la produzione di anidride carbonica sarà quindi di 308.295 kg/anno. L'impianto di biogas produce anche metano (57% in volume) pari a 148.607 kg CH_4 /anno. Nello studio svolto si è considerato che tutto il metano venga combusto e trasformato in anidride carbonica, comportando un'emissione pari a 408.670 kg CO_2 /anno che viene ritenuto non inquinante in quanto normalmente presente nel ciclo naturale dell'animale e fonte di energia rinnovabile (si veda la sezione allevamento che illustra il fabbisogno aziendale).

6.5 Soluzione C3

- Separatore: decantatore centrifugo
Da stime effettuate in azienda il separatore funziona per 3.650 h/anno con un coefficiente di assorbimento pari a 0,8.
Nell'azienda si utilizza il decantatore centrifugo (potenza di 11 kW) che consuma 32.120 kWh/anno di energia elettrica.
- Trattamento biologico Nitro/Denitro (MBR). La potenza è di 70 kW con un consumo stimato di 255.500 kWh/anno.
- Osmosi inversa (RO). La potenza è di 20 kW con un consumo stimato di 76.650 kWh/anno.

Il trattamento completo necessita di un input di energia elettrica pari a 364.270 kWh/anno sottraendo l'energia elettrica proveniente dall'auto-produzione (83.672 kWh/anno). Il fabbisogno energetico risulta pari a 280.598 kWh/anno.

L'output di CO_2 , utilizzando 0,75 kg CO_2 /kWh, è di 210.449 kg CO_2 /anno (tabelle 6.4 e

6.5).

Come descritto nel 5 le emissioni di metano e ammoniaca sono trascurabili.

Tabella 6.4: Inventario: fase di gestione dei reflui (INPUT)

Input c1,c2,c3	Unità di misura	Quantità
Deiezioni	t/anno	14.294
Azoto lordo	t/anno	48.500
Azoto netto	t/anno	34.920
Acqua di lavaggio	t/anno	6.241
Input c2,c3	Unità di misura	Quantità
Consumo di energia per digestore	kWh/anno	43.519
Input c3	Unità di misura	Quantità
Energia per L/S+MBR+RO	kWh/anno	248.478

Tabella 6.5: Inventario: fase di gestione dei reflui (OUTPUT)

Output c1	Unità di misura	Quantità
Emissione di NH_3	kg NH_3 /anno	16.490 (30.502)
Emissione di CH_4	kg CH_4 /anno	65.000
Output c2	Unità di misura	Quantità
Emissione di NH_3	kg NH_3 /anno	16.577
Emissione di CO_2	kg CO_2 /anno	trascurabili
Emissione di CH_4	kg CH_4 /anno	trascurabili
Output c3	Unità di misura	Quantità
Emissione di CO_2	kg CO_2 /anno	210.449

6.6 Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti illustrati nelle tabelle 6.6; 6.7; 6.8 connessi a ciascuno degli aspetti ambientali individuati, fa riferimento alle seguenti tre categorie: effetto serra, acidificazione ed eutrofizzazione. Sono questi i principali aspetti di rilevanza mondiale verso i quali l'opinione pubblica risulta particolarmente sensibile.

Per la valutazione dell'effetto serra (Global Warming Potential: GWP), sono stati presi in considerazione due importanti gas: l'anidride carbonica (CO_2) e il metano (CH_4) [12]. Il GWP viene espresso in kg di CO_2 equivalenti a: 1 CO_2 , 21 per CH_4 e 310 per N_2O [13].

Il calcolo dell'eutrofizzazione è basato sulla quantificazione di: ammoniaca (NH_3). L'eutrofizzazione potenziale viene espressa in nitrati (NO_3^-) equivalenti a: 3.64 per NH_3 [14]. L'acidificazione potenziale è stata calcolata attraverso i gas SO_2 e NH_3 ed espressa in $kgSO_2$ equivalenti a: 1 per SO_2 e 1.88 per NH_3 [13].

Tabella 6.6: Le categorie di impatto considerate nella soluzione C1

Categoria di impatto	Indicatore	Aspetto ambientale	Unità di processo	Totale
Effetto Serra	CO_2	CO_2, CH_4	$kgCO_2$ -eq/t deiezioni	596
Acidificazione	SO_2	SO_2, NH_3	$kgSO_2$ -eq/t deiezioni	2
Eutrofizzazione	NO_3^-	NH_3	$kgNO_3^-$ -eq/t deiezioni	4

Tabella 6.7: Le categorie di impatto considerate nella soluzione C2

Categoria di impatto	Indicatore	Aspetto ambientale	Unità di processo	Totale
Effetto Serra	CO_2	CO_2, CH_4	$kgCO_2$ -eq/t deiezioni	454
Acidificazione	SO_2	SO_2, NH_3	$kgSO_2$ -eq/t deiezioni	2
Eutrofizzazione	NO_3^-	NH_3	$kgNO_3^-$ -eq/t deiezioni	4

Tabella 6.8: Le categorie di impatto considerate nella soluzione C3

Categoria di impatto	Indicatore	Aspetto ambientale	Unità di processo	Totale
Effetto Serra	CO_2	CO_2, CH_4	$kgCO_2$ -eq/t deiezioni	468
Acidificazione	SO_2	SO_2, NH_3	$kgSO_2$ -eq/t deiezioni	Trascurabile
Eutrofizzazione	NO_3^-	NH_3	$kgNO_3^-$ -eq/t deiezioni	Trascurabile

6.6.1 Caratterizzazione degli impatti

Verranno esaminati i tre trattamenti identificandoli nelle tre categorie d'impatto (grafico 6.1).

1. Quantificazione degli impatti nella soluzione C1 (figura 5.1)

- Effetto serra: 596 $kgCO_2$ -eq/t deiezioni influenzato dall'energia necessaria al funzionamento della sala di mungitura e dal carro unifeed, dalla respirazione, dalla ruminazione e dallo stoccaggio delle deiezioni. Il valore che incide di più sono le emissioni di metano che avvengono durante lo stoccaggio.

- Acidificazione: 2 kg SO_2 -eq/t deiezioni influenzate dal combustibile utilizzato dal carro unifeed e dall'emissioni di NH_3 , che avvengono dall'allevamento allo stoccaggio.
- Eutrofizzazione: di questa categoria di impatti troviamo due valori molto diversi l'uno dall'altro. Quello da dati ufficiali pari a 4 kg NO_3 -eq/t deiezioni e quello da fonti bibliografiche riferite alla tipologia di stoccaggio lagone pari a 8 kg NO_3 -eq/t deiezioni.

Il valore di emissione di NH_3 , valutato in questo lavoro, fa riferimento ai dati ufficiali perchè il valore dell'emissione del lagone non rispecchia totalmente la tipologia utilizzata generalmente in Europa e pertanto si rischierebbe di sovravalutare l'impatto dovuto allo stoccaggio semplice.

2. Quantificazione degli impatti nella soluzione C2 (figura 5.2)

- Effetto serra: 454 kg CO_2 -eq/t deiezioni valore influenzato come per la soluzione C1 da energia necessaria al funzionamento della sala di mungitura e dal carro unifeed, dalla respirazione, dalla ruminazione e dallo stoccaggio delle deiezioni. È notevolmente più basso della soluzione C1 in vasca perchè viene prodotta e utilizzata, nell'allevamento, e venduta, al GSE, energia dal co-generatore inoltre l'impatto del metano, in questo studio, si ipotizza venga totalmente combusto in CO_2 pertanto il valore finale è più basso.
- Acidificazione: 2 kg SO_2 -eq/t deiezioni come per la soluzione C1 è influenzato dalla emissioni dal combustibile e dall'emissioni di ammoniaca dall'allevamento fino alla digestione del liquame.
- Eutrofizzazione: 4 kg NO_3 -eq/t deiezioni. Questo valore fa riferimento al dato di emissione di ammoniaca trovato in bibliografia ed è molto simile a quello trovato utilizzando dati ufficiali quindi è ininfluente utilizzare l'uno o l'altro. Dai dati di emissione di ammoniaca ottenuti per la soluzione C1 e C2, possiamo concludere che le emissioni hanno un range da 16.490² a 30.502³ kg NH_3 .

3. Soluzione C3 (figura 5.3)

- Effetto serra: 468 kg CO_2 -eq/t deiezioni valore notevolmente più basso rispetto alla soluzione C1 ma molto energivoro rispetto ai due trattamenti precedenti. Rispetto alla soluzione C2, infatti, necessita di 364.270 kWh/anno per i trattamenti che seguono la digestione anaerobica. Il maggior consumo viene

²emissione calcolata da dati ufficiali da Sol. C1 che utilizza una perdita di ammoniaca di 28%

³dato proveniente dallo studio dell'emissione di ammoniaca da lagoni

coperto solo parzialmente con la auto-produzione (in misura del 16%). Ne consegue un'integrazione pari a 280.598 kWh/anno, con approvvigionamento dal gestore elettrico.

- Acidificazione: trascurabile (con riferimento a quanto detto nel capitolo 5).
- Eutrofizzazione: trascurabile (con riferimento a quanto detto nel capitolo 5).

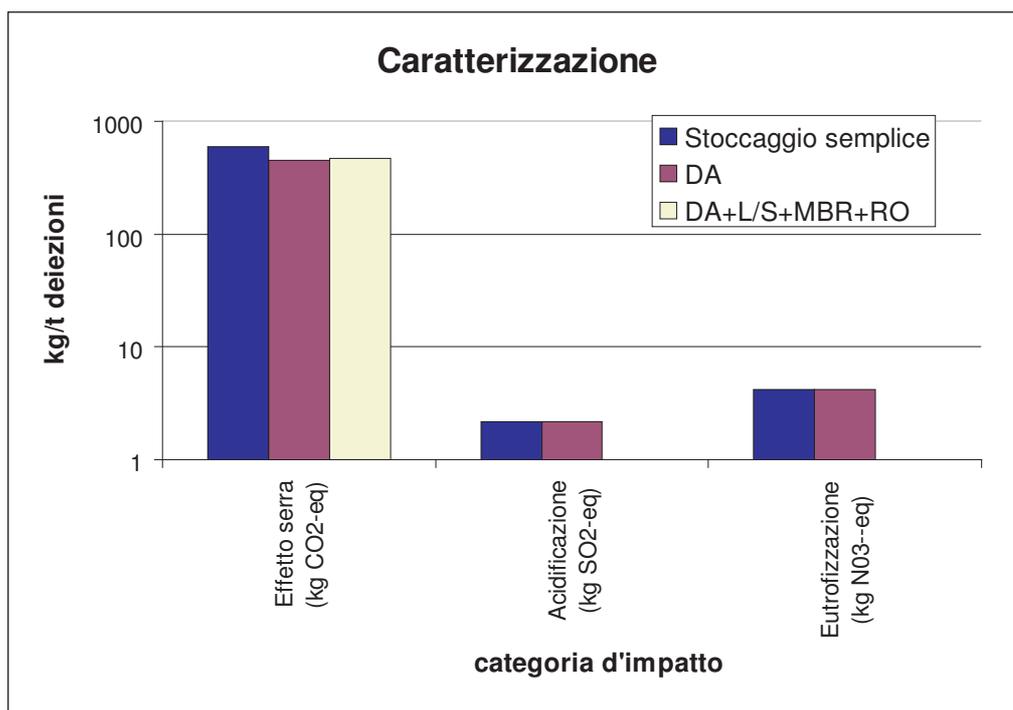


Figura 6.1: Caratterizzazione dei tre trattamenti

Capitolo 7

Conclusioni

7.1 Conclusioni

Nella tesi è stato affrontato il tema della LCA applicata alla gestione delle deiezioni zootecniche, comparando tre sistemi di trattamento finalizzati ad abbattere il quantitativo di azoto in esso contenuto, per sottostare ai parametri fissati dalla Direttiva Nitrati finalizzato ad un corretto utilizzo agronomico, nel rispetto dei limiti fissati dalla legge. Essi sono:

1. stoccaggio diretto delle deiezioni provenienti dalla stalla senza alcun trattamento preventivo;
2. digestione anaerobica delle deiezioni provenienti dalla stalla e stoccaggio del digestato senza alcun trattamento a suo carico;
3. digestione anaerobica delle deiezioni provenienti dalla stalla (senza trattamenti preventivi), separazione liquido solido con decanter del digestato, trattamento nitro/denitro del chiarificato con impianto MBR, trattamento di affinamento fisico dell'effluente da MBR con osmosi inversa (RO), stoccaggio degli effluenti da RO (retentato ed acqua depurata).

La LCA è uno strumento che ha permesso, individuata l'opportuna unità funzionale per lo studio (nello specifico le tonnellate di refluo prodotto annualmente), di confrontare diverse soluzioni tecnologiche, corrispondenti a linee di trattamento differenziate, che permettono di ridurre la concentrazione. Essa ha consentito di valutare i diversi impatti, rappresentati principalmente dalle emissioni in atmosfera, dell'utilizzo di energia ¹ nei diversi processi coinvolti e dalla gestione di risorse scarsamente rinnovabili, come l'acqua potabile.

L'applicazione, i cui risultati ottenuti sono stati presentati nel capitolo precedente, riguarda

¹Per lo più rinnovabile perché ottenuta a partire dalla combustione di CH_4 derivante da un processo di digestione anaerobica, in ambiente mesofilo.

un'azienda agricola di grandi dimensioni che alleva bovine da latte. Essa ha permesso di individuare le soluzioni che risultano più sostenibili dal punto di vista ambientale, tenuto conto dell'economicità delle stesse. Sono stati messi a confronto:

- sistemi tradizionali (ormai soppiantate nel caso esaminato) ma che riguardano la maggior parte degli allevamenti zootecnici italiani (trattamento 1);
- la situazione attuale presente in azienda (trattamento 2);
- nuove linee di ricerca in corso intraprese dall'impresa, con sperimentazione in atto (trattamento 3).

Applicare una LCA in un'azienda zootecnica non è semplice. La maggiore difficoltà è legata soprattutto alla raccolta dei dati, sia di quelli aziendali che quelli riportati in letteratura. Per questi ultimi sono stati cercati quelli che meglio rappresentano le soluzioni studiate in questo lavoro, in particolare per quanto attiene lo stoccaggio ed in particolare le emissioni di CO_2 e di CH_4 .

7.1.1 Interpretazione dei risultati e analisi dei miglioramenti

Confrontando i tre metodi (tabella 7.1), si capisce che il semplice stoccaggio non permette di attenuare le emissioni inquinanti dai reflui zootecnici a meno che la vasca non venga coperta. È necessario quindi rivalutare questo sottoprodotto dell'attività zootecnica utilizzando la digestione anaerobica che, oltre a produrre energia, riesce a dare come effluente un materiale abbastanza stabilizzato utilizzabile in campo.

Nel trattamento della digestione anaerobica in seguito ad una produzione più elevata di metano si riuscirebbe a sfruttare al meglio la potenza del co-generatore, di potenza nominale pari a 130 kW, ora sotto utilizzato perchè raggiunge una potenza di circa 110 kW. Questo incremento andrebbe a coprire i fabbisogni di energia per la sala di mungitura che attualmente viene sopperito con l'acquisto. Un'altra fonte sfruttabile è l'energia termica che ora viene dissipata all'esterno; potrebbe essere riutilizzata adottando la tecnologia del teleriscaldamento per l'azienda oppure venduta a terzi. Anche il prodotto solido della digestione anaerobica potrebbe essere ulteriormente trattato con il compostaggio per ottenere un materiale più stabile e sanificato, adatto all'utilizzazione agronomica.

Il terzo trattamento che comprende digestione anaerobica, separazione liquido/solido, trattamento nitro/denitro, trattamento osmosi inversa e stoccaggio degli effluenti, è considerato innovativo perchè consente di produrre acqua con parametri chimico-fisici tali da consentirne il riutilizzo nel ciclo dell'allevamento, con la diminuzione del consumo di acqua (grafico 7.1).

Questi trattamenti (separazione L/S, nitro/denitro e osmosi inversa) giustificano il gran fabbisogno di energia dal fatto che:

- consentono di ridurre fino al 65% l'azoto contenuto in origine nei liquami;
- inducono un risparmio indiretto per:
 - minore fabbisogno di vasche per lo stoccaggio dei liquami;
 - minori costi di distribuzione di liquami in quanto la frazione liquida non scari- cabile (retentato) rappresenta il 25% circa del volume iniziale, oltretutto senza contenere azoto;
 - minore necessità di approvvigionamento di terreni.

Tabella 7.1: Aspettative future

Trattamento	Trattato di Kyoto	Direttiva Nitrati	IPPC
Soluzione A	--	--	--
Soluzione B	+	-	+
Soluzione C	+	++	++

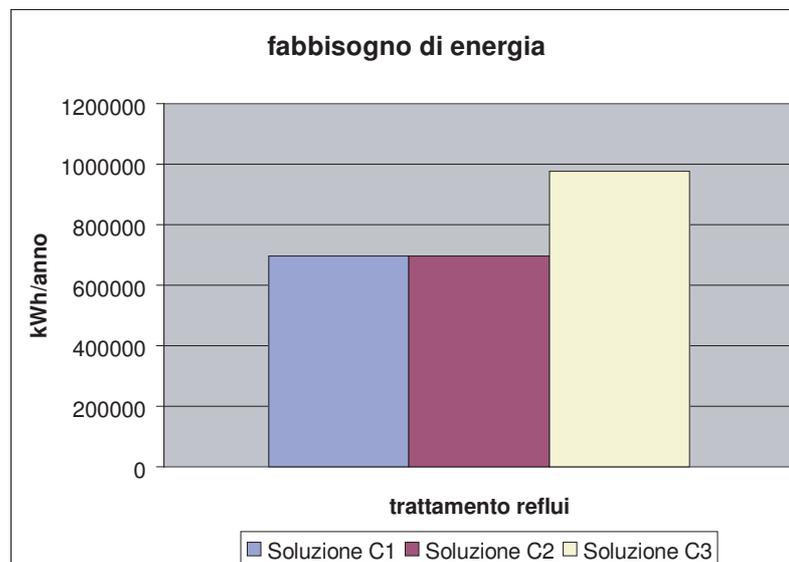


Figura 7.1: Fabbisogno di energia

Appendice A

Razione alimentare per le bovine in lattazione

Tabella 7.2: Riassunto Razioni Alimentari

Ingrediente	Unità di misura	Pluripare	Primipare	Avanti
Fieno di prato	kg	2,00	1,75	2,00
Bicarbonato di sodio	kg	0,10	0,10	—
359D OPTI SYNC 200	kg	9,00	7,00	2,00
Silomais	kg	24,00	22,00	24,00
Prato fasciato	kg	2,00	1,75	2,00
DAIRY MAISTER+COTON	kg	3,50	4,50	8,00
FERTY PACK estivo	kg	2,00	2,00	—
TOTALE	kg	42,60	39,10	38,00

Tabella 7.3: Riassunto Razioni Alimentari

Nutriente	(%)	Pluripare	Primipare	Avanti
Volume	%	100	100	100
Proteina greggia	%	16,06	16,32	16,07
Lipidi	%	4,75	5,10	5,11
Ceneri	%	7,43	7,45	6,62
NDF	%	35,62	35,80	39,43
ADF	%	19,19	19,24	21,36
Carboidrati non strutturali	%	36,05	35,22	32,70
Amido tot. corretto	%	19,41	19,15	18,58
En. netta lattazione	%	1,67	1,68	1,63

Appendice B

Lagone

I lagoni anerobici sono dei bacini delimitati da un recinto e in un ambiente privo di ossigeno, a parte lo strato superficiale, condizione che promuove i processi anaerobici.

Il processo anerobico si avvia nello strato profondo e viene utilizzato come trattamento biologico dei reflui o come stoccaggio medio-lungo dei reflui (figura 7.2).

Il lagone anaerobico è, rispetto a quello aerobico, il più comune nel trattamento di reflui zootecnici perchè non richiede ossigeno disciolto nell'effluente e può anche decomporre più sostanza organica per unità di lagone rispetto il metodo aerobico. I microbi anaerobici vivono nell'acqua a qualsiasi profondità. Il volume dell'acqua, piuttosto che la superficie dell'area, è alla base per la progettazione di un lagone anaerobico.

La popolazione anaerobica digerisce la sostanza organica per poi convertirla in anidride carbonica, metano, ammoniaca e acido solfidrico. Può produrre sgradevoli odori e quindi è necessario localizzare il bacino in una zona che non crei disturbo ai vicini. Operando con una progettazione adeguata, le emissioni odorose possono essere notevolmente ridotte. Ad esempio con uno strato areato si possono eliminare gli odori mentre lo strato profondo fa avvenire i processi di anaerobiosi utili alla stabilizzazione del liquame [45].

I *vantaggi* dei lagoni per il trattamento dei reflui sono i seguenti:

- costruzione a basso costo;
- riduzione delle ore di lavoro;
- massima convenienza nella movimentazione e distribuzione in campo dei liquami;
- compatibilità con i moderni sistemi di lavaggio e con i sistemi di pozzo sfioratore;
- riduce o elimina il proliferare di mosche.

Gli *svantaggi* dei lagoni per il trattamento dei reflui sono i seguenti:

- emettono odori sgradevoli se non sono progettati adeguatamente;
- perdite significative di azoto dal liquame;

- necessita di rimozione periodica dei fanghi;
- necessita di smaltimento del contenuto del lagone;
- può facilitare il proliferare delle zanzare;
- se si usa il lagone aerobico c'è un elevato costo di energia per il funzionamento degli aereatori;
- non ci sono metodi economicamente praticabili per il trattamento dei liquami all'interno dei lagoni per poterli scaricare nei corsi d'acqua senza inquinarli.

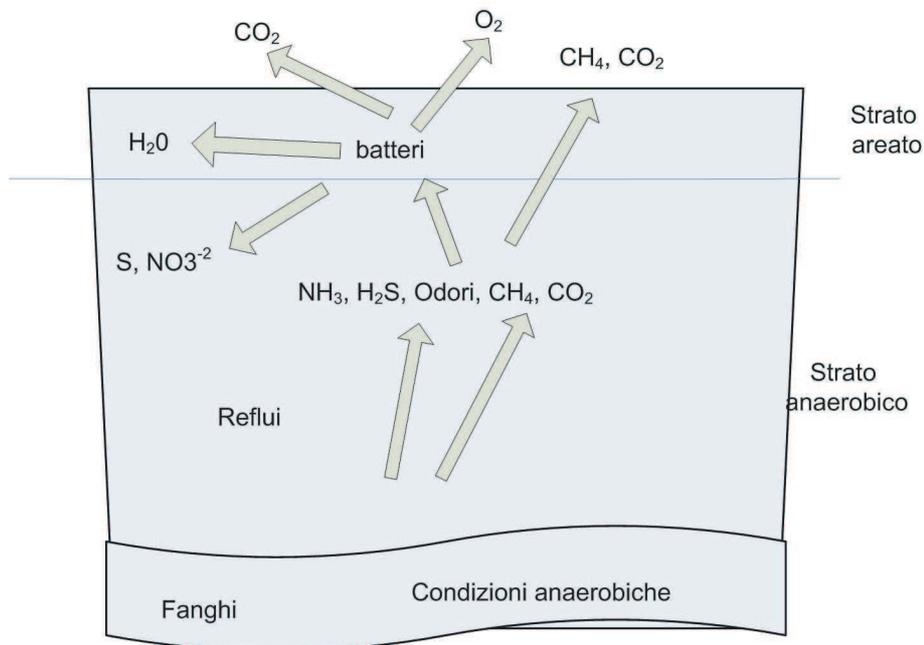


Figura 7.2: Lagone

Bibliografia

- [1] “Deiezioni zootecniche: da problema a risorsa per l’agricoltura”, Provincia di Venezia - Assessorato alle attività produttive e agricoltura, 2005.
- [2] “Database FAOSTAT”. Sito internet: <http://www.faostat.fao.org/>
- [3] “European Dairy Framers, 2002 (EDF). Sito internet: <http://www.ermesagricoltura.it/rivista/2003/luglio-agosto/ra0307830.pdf>”. Sito internet:
- [4] “Centre d’Information des Viandes (CIV)”. Sito internet: <http://www.civviande.org/>
- [5] “France and Farming. Nostalgie de la bue. The economist, 2004.” Sito internet: <http://www.economist.com/>
- [6] “Snidero R. Assessment of eutrophication of milk production in Italy: Lombardia versus Campania. Tesi di laurea, Padova, anno accademico 2005-2006”.
- [7] “Sensi, 2000”.
- [8] “Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1993”
- [9] “UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Sito internet: www.uni.com”.
- [10] “Principali impatti ambientali derivanti dall’attività zootecnica E.E.A 1995; modificato”.
- [11] “Cosa è la IPPC o prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento? 08-03-2006. Sito internet: <http://www.comune.altopascio.lu.it/>”
- [12] “De Boer, I.J.M., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production”.
- [13] “Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B., van Zeijts, H., 1997. Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final Report, Concerted Action AIR3-CT94-2028, European Commission DG VI, Bruxssel, Belgium”.

- [14] “Weidema, B.P., Morteson, B., Nielsen, P., Hauschild, M., 1996. Element of an Product Development, Technical University of Denmark, Denmark ”.
- [15] “Gastaldo, A., Rossi, P. e Ferrari, P. 2006. Gestione dei reflui, tante soluzioni tra cui scegliere. Da una sperimentazione CRPA sulle stalle di bovini da latte. *Informatore Agrario*.”
- [16] “Giovannelli, P. Ufficio zootecnia e produzione foraggere. Centro per l’assistenza tecnica-ISMAA (Istituto Sperimentale Agrario di San Michele all’Adige)”
- [17] “ *Informatore zootecnico*, 20 settembre 2007. Dossier: Trattamento deiezioni ”.
- [18] “ Centro Ricerche Produzioni Animali, Liguami Zootecnici. Manuale per l’utilizzazione agronomica, 2001”.
- [19] “Regione Piemonte, DEIAFA-Sezione meccanica agraria; aggiornato 2007”.
- [20] “Linee di trattamento”
- [21] “*Informatore zootecnico*, 20 settembre 2007. Dossier: Trattamento deiezioni, pag. 34. Modificato da CRPA.”
- [22] “Rossi, L. e Guercini, S.; 2001. Produzione e impiego di compost nell’azienda agricola. Veneto Agricoltura.”
- [23] “Piccini, S.; Parma 4 novembre 2005. La co-digestione anaerobica: situazione e prospettive. Consulta provinciale per l’energia. CRPA”
- [24] “Smith, 2002”
- [25] “Murphy M.R., 1992. Water metabolism of dairy cattle. *J.Dairy Science, Journal*, 75(1):326-33 ”
- [26] “GSE-s.p.a. Sito internet: <http://www.grtn.it/ita/index.asp>”
- [27] “ Gobetto A. e Pellegrini S. (1981). Anatomia e fisiologia degli aniameli domestici, UTET; Torino.”
- [28] “Jean-Marc Jancovici: très riche en informations et en ordres de grandeur éclairants sur les questions environnementales et énergétiques. Sito internet: <http://www.manicore.com>’
- [29] “Developement of an emission model to estimate methane from eneteric fermentation in cattle. Joseph Mangino, U.S.Environmental Protection Agency; Katrin Peterson and Hanna Jacobs, ICF Consulting.”

-
- [30] “U.S. Environmental Protection Agency August 15, 2001. Emission from animal feeding operations. Emission Standards Division, Office of Air Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 27711.”
- [31] “Monteney G.J., J.M.G. Hol, D.D. Schulte, 2000. pH and gaseous emissions from urine after its excretion in a dairy cow house, In Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses (eds), Grafisch Service Centrum van Gils B.V. Wageningen Press, Wageningen (NL).57-75”
- [32] “Hoeksma, P., 1984. Biogas in livestock husbandry (in Dutch). IMAG-publication 199, Wageningen.”
- [33] “Voermans, J.A.M. and M.M.L. van Asseldonk, 1992. Psychrophilic digestion of pig slurry (in Dutch). Report P 1.69. Research Institute for pig husbandry, Rosmalen, The Netherlands, pp.32.”
- [34] “Ni J., 1999. Mechanistic models of ammonia release from liquid manure: a review. Journal of Agriculture Engineering Research, 72: 1-17.”
- [35] “Aneya, V.P., J.P. Chauhan, and J.T. Walker, 2000. Characterization of atmospheric ammonia emissions from swine waste storage and treatment lagoons. Journal of geophysical research 105: 11535-11545.”
- [36] “Van Breemen N., P.A. Burrough, E.J. Velthorst, H.F. van Dobben, T de Wit, T.B. Ridder and H.F.R. Reinders, 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. Nature 299: 548-550.”
- [37] “Bobbink R., M. Hartung and J.G.M. Roelofs, 1996. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystem. In: B. Werner and T. Spranger (Eds.), Manual of methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. UNECE convention on long-range transboundary air pollution, Vol. appendix III. Federal Environmental Agency, Berlin, p. 1-54.”
- [38] “APAT, Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici. Agricoltura. Cambiamenti climatici e inquinamento atmosferico. L’inventario nazionale delle emissioni come strumento di conoscenza e verifica dello stato dell’ambiente. Autore: Rocio Condor.”
- [39] “Asman, W.A.H. 1992. Ammonia emission in Europe: updated emission variations. Report 228471008. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, The Netherlands. May 1992.”

- [40] "Battye, R, W. Battye, C. Overcash, and S. Fudge, 1994. Development and Selection of Ammonia Emission factors. Produced for EPA/Atmospheric Research and Exposure Assessment Laboratory. Research Triangle Park, NC."
- [41] "Bouwman, A.F., and K.W. Van der Hoek, 1997. Scenarios of Animal Waste Production and Fertilizer Use and Associated Ammonia Emission for Developing Countries. Atmospheric Environment, Vol. 31, No. 24, pp.4095-4102."
- [42] "CORINAIR, Atmospheric Emission Inventory Guidebook. Internet: [http: reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR/en/](http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR/en/)."
- [43] "Muck R.E., Steenhuis T.S.-Nitrogen losses from manure storages-Agricultural Waste (1982), 4, 41-54."
- [44] "Weiske A., Vabitsch A., Olesen J.E., Schelde K., Michel J., Friedrich R., Kaltschmitt. Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. Agricultural Ecosystem and Environment. 15 agosto 2005."
- [45] "Ronald E. and Hermenson PE., Livestock Manure Lagoons Protect water quality. Sito Internet : <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/eb1642/eb1642.html>"
- Per approfondire:**
- [46] "J. Arogo, P.W. Westerman, A.J. Heber, W.P. Robarge, J.J. Classen, 2001. Ammonia in Animal Production - A Review. Paper No. 01-4089. t. Joseph, MI:ASAE."
- [47] "Albuzio A., Paparelli P.; 2008. Note di uso e riciclo di biomasse. CLEUP."
- [48] "Williams, A.G. and Nigro, 1997. Covering slurry stores and effects on emissions of ammonia and methane. Proceedings of the International Symposium: Ammonia and Odour Control from Animal Production facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 6-10 October 1997: 421-428."
- [49] "Boopathy, R.,(1996). Isolation and characterization of a methanogenic bacterium from swine manure. Biores.-technol., Oxford, U.K.: Elsevier Science Limited. Mar 1996, v. 55,(3): 231-235."
- [50] "Besson, J., 2000. Economic evaluation of sectoral emission reduction objective for climate change: Economic evaluation of emission reductions of nitrous oxides and CH_4 in agriculture in the EU. Final report November 2000, AEA Technology Environment, Abingdon UK."
- [51] "Freney, J.R. and J.R. Simpson, 1983. Volatilisation of ammonia. In: Gaseous losses from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague."

-
- [52] “Canh, T.T., 1998. Ammonia emission from excreta of growin-h-finishing pigs as affected by dietary composition. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University, Department of animal nutrition. ISBN 90-5485-876-1”
- [53] “Monteny, G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. Available as IMAG report 2000-11, P.O. box 43, 6700AA Wageningen, The Netherlands.”
- [54] “Grelinger, M.A. and A. Page. 1999. Air Pollutant Emission Factors for Swine facilities. Air and Waste Management Conference Proceedings. pp. 398-408. October 26-28.”
- [55] “Secrest, Cary. 2000. Field Measurement of Air Pollutants Near Swine Confined Animal Feeding Operations using UV DOAS and FTIR. Unpublished report.”
- [56] “Mangino, J., Bartram, D., and Brazy, A. 2002. Development of a methane conversion factor to estimate emission from Animal Waste Lagoon. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency (p.13).”
- [57] “Morris. G.R. 1976. Anerobic Fermentation of Animal Waste: A kinetic and Empirical Design Evaluation. Unpublished M.S. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York.”
- [58] “Emissions From Animal Feeding Operations, August 2001. U.S. Environmental Protection Agency (vedi tabella 8-10; p.8-23).”
- [59] “ITACA-2003. Istituto per l’Innovazione e Trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale. Sito Internet: <http://www.itaca.org> ”
- [60] “Arogo J., Westerman P.W., Heber A.J., Classen J.J., 2001. Ammonia in Animal production- A Review. ASAE Paper n. 01-4089.”
- [61] “Bicudo J.R., Claton C.J., Schmidt D.R., Powers W., Jacobson L.D., Tengman C.L., 2004. Geotextile Covers to Reduce Odor and Gas Emissions from Swine Manure Storage Ponds. Applied Engineering in Agriculture Vol. 20(1) pp. 65-75.”
- [62] “Chiumenti R., Donantoni L., Guercini S., 1988. Deiezioni animali, la conservazione e il trattamento. Genio Rurale n.10 1988, pp.59-79.”
- [63] “Christopherson SH, Schmidt D., Janni K. Evaluation of aerobic treatment units in treating high strenght waste from dairy milk houses, ASAE papaer n°701P0104.”
- [64] “De Bode M.J.C. Odour and Ammonia Emissions form manure Storage, 1990. In Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming, edited by Nielsen V.C., Voorburg J.H., L’Hermite P., Elsevier Applied Science ISBN 1 851667172, pp.59-66.”

- [65] “Evans M.R., Smith M.P.W., Deans E.A., Svoboda I.F., Thacker F.E., 1986. Nitrogen and Aerobic Treatment of Slurry. *Agricultural Waste* 15, pp.205-213.”
- [66] “Groot Koerkamp P.W.G., Metz J.H.M., Uenk G.H., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schöder M., Linker K.S., Pedersen S., Takai H., Johnson J.O., Wathes C.M. (1998) Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, n. 70, pp. 79-95 Elsevier Applied Science Publishers.”
- [67] “Guercini S., 2001. L’organizzazione del compostaggio. In *Produzione e impiego di compost nell’azienda agricola a cura di Rossi L. e Guercini S.* Veneto Agricoltura.”
- [68] “IPPC (Prevenzione e Riduzione Integrate dell’Inquinamento), Decreto Legislativo 372/99 (art. 3, comma 2). Linee Guida per l’Identificazione delle Migliori Tecniche Disponibili. Categoria IPPC 6.6: impianti per l’allevamento intensivo di pollame o di suini.”
- [69] “Hornig G., Turk M., Wanka U. (1999) Slurry covers to reduce ammonia emission and odor nuisance. *Journal of Agricultural Engineering Research* 73:151-157.”
- [70] “Li X., Zhang RH, (2004) Integrated anaerobic and aerobic treatment of dairy wastewater with sequencing batch reactors, *Transaction of the ASAE*, vol. 47(1): 235-241.”
- [71] “Jakobsen S.T. (1988) Storage of animal slurries by composting with straw. Seminar of the 2nd and 3rd Technical Section of the C.I.G.R. Storing, Handling and Spreading of Manure and Municipal Waste, september 20-22, Ultuna-Uppsala.”
- [72] “Overcash MR, Humenik FJ, Miner JR, *Livestock Waste Management*, CRC Press (1983), vol. II.”
- [73] “Scotford I.M., Williams A.G. (2001) Practicalities, Costs and Effectiveness of a Floating Plastic Cover to Reduce Ammonia Emissions from a Pig Slurry Lagoon. *Journal of Agricultural Engineering Resource* 80(3), pp. 273-281.”
- [74] “Skjelhaugen O.J. (1988) Liquid composting in main and additional storages. Seminar of the 2nd and 3rd Technical Section of the C.I.G.R. Storing, Handling and Spreading of Manure and Municipal Waste, september 20-22, Ultuna-Uppsala.”
- [75] “Zahn J.A., Tung A.E., Roberts B.A., Hatfield J.L. (2001) Abatement of ammonia and hydrogen sulfide emissions from a swine lagoon using a polymer biocover. *Journal of the Air and Waste Management Association* 51 pp.562-573.”

- [76] “Zhang RH, Yang P., Pan Z., Wolf TD, Turnbull JH, (2002) Treatment of swine wastewater by biological and membrane separation technologies, 2002 ASAE Annual Meeting.”
- [77] “Zhang RH, Yang P., Pan Z., Wolf TD, Turnbull JH, (2004) Treatment of swine wastewater with biological conversion, filtration and reverse osmosis: a laboratory study, transaction of the ASAE, vol 47(1): 243-250.”
- [78] “Zhao B., Chen S., Decay of manure organic N under different temperature and oxygen supply conditions, ASAE paper n° 701P1203.”

Ringraziamenti

Mi tremano le mani a dover scrivere i ringraziamenti. Ti ricordi Fede quanto hai sottolineato l'importanza dei ringraziamenti e io sostenevo che senza tesi non mi sarei potuta laureare? Forse, solo adesso, mi sono resa conto che la parte più importante è quella dei ringraziamenti a voi TUTTI. Leggere una tesi è una vera barba, tralasciando poi l'argomento della mia tesi che ve lo spiegherò un'altra volta.

Desidero di tutto cuore ringraziare e ricordare le persone che a diverso titolo hanno contribuito alla stesura della tesi, a rallegrare i miei momenti di crisi e a condividere quelli di svago in questi anni passati a Padova e ovunque sia stata.

Innanzitutto vorrei ringraziare il professor **Stefano Guercini** e il dott. **Alessandro Bordin** per la loro disponibilità e per la pazienza con cui mi hanno seguito nella realizzazione della tesi.

Un ringraziamento speciale anche al professor **Giulio Cozzi** perchè è stato per me un ottimo professore e perchè dopo la discussione della tesi triennale ha detto "che cammino con le mie gambe!" W il FRIULI!.

Alla mia Famiglia che non ha mai dubitato di me, che non ha mai ostacolato le mie scelte e che mi ha permesso di gestire la mia vita senza tanti consigli/obblighi.

Alla **Mamma** perchè parlare con te facendo una camminata è sempre bello, soprattutto se andiamo sulle colline di Buttrio. Sei sempre stata il modello di persona a cui ho fatto riferimento. In questi anni lontano da casa talvolta sentivo la nostalgia di qualche "strigliata".

A **Gigi (barbe Luigino)** perchè sei la persona che parla poco ma fa per dieci. Pensi prima agli altri e poi a te... quando vengo a casa è sempre meglio chiedere a te qualcosa dall'orto che non alla Mamma. Regalarti qualcosa dà sempre soddisfazione perchè non finisci mai di dire grazie anche se il regalo non è un granchè (come quella volta che ti ho lasciato in macchina dei taralli per il tuo compleanno).

A te **Papà** perchè se non ci fossi tu non avrei saputo chi chiamare dopo aver fatto un esame per sentirmi dire "Grazie!". Perchè anche se sei testardo, unico nelle tue scelte e fai apposta a farmi arrabbiare dicendomi "A jè pront?" ti voglio davvero bene.

A **Lorenzo** che per me sei il miglior fratello che abbia avuto. Grazie per essere venuto alla mia laurea triennale, ancora mi chiedo come ci sei riuscito. Grazie per avermi insegnato a giocare a basket, a tuffarmi, a odiare i video giochi e ad apprezzare il verde delle colline.

A **Elena** che mi hai sempre considerato come la tua sorellina. Grazie per i consigli che mi dai, per non farti mai problemi a rispondermi in modo secco e diretto e per avermi lasciato la casa durante le vacanze.

A **Matteo** che stimo molto per il coraggio di cambiare lavoro, casa e amici senza tanti problemi. Ricordo ancora che cercavi di farmi paura prendendomi e facendomi credere che mi avresti messa dentro la cucina a legna o gettata dalla terrazza o lasciata per un po' sopra il frigo finchè non arriva la mamma che mi aiutava a scendere. Grazie per la passeggiata per Rotterdam.

Alle piccoline **Luna, Gaia e Maya** che diventano ogni giorno più belle. Grazie Luna per avermi fatto capire che il regalo che ti ho portato non era un granchè, meglio dire le cose in faccia, "non mi piace mica questo regalo, la prossima volta ti dico io cosa regalarmi". A Maya che mi ha insegnato a portare i tacchi anche con due piedi in una scarpa... cavolo sei già più brava di me a camminare con i tacchi. A Gaia che per ora riesce solo a comunicare con i gesti e dicendo "Ciao!"

Ringrazio **Xavier**; probabilmente sarai l'unico della famiglia che leggerà e forse apprezzerà la mia tesi. Grazie ancora per quella volta che hai cercato di insegnarmi a suonare la chitarra in soffita... beh ho capito che è meglio se lascio perdere.

Alla bellissima, riccissima **Maimuna** che per prima, nella mia famiglia, ho avuto l'onore di conoscere. Grazie per avermi ospitato a Rotterdam per i bellissimi orecchini che mi hai portato dal Mozambico.

Ringrazio anche te **Lorenza** per tutte le volte che hai fatto da tramite tra me e Lorenzo, per gli incoraggiamenti e perchè quando volevo cazzeggiare un po' su msn, a differenza di Lorenzo, trovavi sempre il tempo per chattare con me.

(H)**Ai Tempo!** Un ringraziamento a Cia perchè se non ci fossi tu la mia povera cameretta sarebbe sempre in disordine. A Cecilia per i tuoi racconti sui bambini maneschi; ad Adriano perchè l'udinese la vedi anche in trasferta; a Bruno perchè è una persona che di vino se ne intende.

Agli amici di famiglia **Bianca, Paolo, Irene e Davide** per le fantastiche avventure in vacanza, in campeggio e in parrocchia. Grazie **Paolo** per avermi fatto ancora più partecipe alla marcialonga di Buttrio... "É tra noi una padovana appena tornata dalla Romania!".

Ai parenti acquisiti **Fabio, Rosanna, Donata e Daniele** per gli inviti ai compleanni e alle feste, per l'avermi lasciato strimpellare con il vostro organo e perchè almeno Marco quando viene in Friuli vi capisce quando parlate dialetto.

Alla famiglia di Marco **Ofelia, Nicola, Michele, Luca e Elena** che mi hanno sem-

pre accolta a braccia aperte. Grazie perchè quando vengo a casa vostra non sono trattata come un ospite ma come una della famiglia.

Ai nonni **Prosperina e Angelo** perchè la contentezza che si vede nei vostri occhi e il sorriso stampato in viso è per me il miglior saluto che ricevo quando vengo a trovarvi con Marco... Grazie per l'immane succo alla pera a cui non si può dire di no.

Grazie Prosperina per le preghiere che dici anche per me.

Un ringraziamento anche ai novelli sposi, o quasi, **Angela, Barbara e Michele**, per aver condiviso con me i mega ritrovi Caneva e per gli incontri del corso fidanzati a volte un po' noiosi.

Alle amiche di casa **Anna, Cinzia, Cristina e Rossella** perche nonostante la distanza siamo riuscite a mantenere una forte amicizia. Vi ringrazio per le pazzie fatte, per quelle che faremo e per le risate che non finiscono più. Siete delle grandi e non dovete cambiare mai!!!

Al mio amico dell'infanzia **Thomas** per tutto quello che abbiamo condiviso quando eravamo piccoli e perchè è sempre bello vederti quando torno a casa.

A **Silvia Masiero** per l'essersi spacciata per la mia amica inglese a Lignano e aver così preso in giro un gruppo di ragazzi italiani.

Agli amici del coro della chiesa **Laura Fabris, Raffaella, Laura Pezzarini, Annalaura, Carlo, Eugenio, Gabriele Iuri e a tutti gli altri** per i bei anni passati a preparare i canti della domenica e delle feste più importanti, per gli anni in campeggio, per le pasquette e per le festicciole.

Agli amici delle superiori in particolare alla **Nina** che è sempre stata il mio punto di riferimento in quella classe di "sbandati" che non aveva voglia di far niente. Ricordo ancora il corso di teatro fatto assieme; se non ci fossi stata tu non credo l'avrei mai fatto. Al **Ga** perchè sei stato uno dei pochi amici delle superiori con cui sono ancora in contatto. Grazie per gli anni passati assieme alle superiori.

A **Pittaro** il miglior professore di disegno. Grazie perchè ci hai insegnato che la vita è dura e bisogna sudare per ottenere qualcosa. Grazie per la nota sul libretto e perchè mi dicevi sempre: piangi lacrime secche. Uno dei detti migliori: Voi non siete studenti, siete degli iscritti.

A **Costantini** perchè se non fosse stato per il suo corso di zootecnia non avrei mai scelto questa facoltà. Grazie per il suo insegnamento e per il 4 in pagella.

Immergiamoci nel mondo universitario...

Da prima alle mie vecchie compagne di corso della triennale **Lucia e Alice** che hanno scelto di proseguire strade diverse dalla specialistica di Padova. Vi ringrazio per il lavoro

di squadra per passarci gli appunti e per la forza d'animo che mi davate prima di fare gli esami.

Alla dolce e sorridente **Lucia** perchè una persona con una passione per gli animali come te non l'avevo ancora conosciuta. Spero davvero di riuscire a venire a casa tua a vedere i tuoi animali a cui dai da mangiare la mattina prestissimo prima di venire a lezione.

A **Marco detto "Mc Gyver"** che finalmente come morosa ha trovato una più pazza di lui. Mi ricordo ancora quando progettavi il rilevatore del calore delle bovine... che pazzo... poi è diventato anche il tuo argomento di tesi. Sei forte!

Come potersi dimenticare della **Nadia**. È sempre un piacere venirti a trovare nell'auletta dei dottorandi. Ti stimo molto perchè nonostante l'impegno a casa riesci a potare avanti l'università e l'attività di borsista. Viva le Rendene!!!

A **Elena R.** per tutte le volte che mi hai passato gli appunti, che mi hai mandato i messaggi per avvertirmi che arrivava il prof, per tutte le volte che mi hai portato a Padova in macchina e perchè sei sempre cordiale con tutti.

Ringrazio anche **Claudio, Silvia, Ilario, Elena G., Elisa** i pochi superstiti della triennale che hanno continuato con me la specialistica.

Alla **Roberta** perchè senza di lei la "Dairy Week" non sarebbe stata la stessa. Ti ringrazio dell'ospitalità a casa tua e di aver approfittato del colloquio di lavoro a Padova per passare a salutarmi. Grazie ancora dei pensiero che mi fai per il mio compleanno... mi chiedo ancora come fai a ricordarti.

Grazie anche **Marco Bassi** per l'aver fatto rappresentanza friulana in Olanda.

Grazie **Andrea** per l'avermi scelta per partecipare al corso in Portogallo, anche se dopo ti sei un po' pentito. Ringrazio anche **Laura Lopez** per il calorosa saluto che mi hai fatto appena arrivata a "Patachau", per le chiacchierate infinite prima di darti la buona notte e per essere stata davvero una gran organizzatrice delle serate.

Un caloroso abbraccio alla mia amica di avventure in Romania **Lisa**. Sei stata la prima ragazza sulla quale non ho avuto nemmeno un attimo di dubbio su quanto sei speciale, soprattutto perchè dormi come me. Grazie per le risate fino alle lacrime, per aver dormito assieme a me in quel letto piccolissimo, per le corse e per le risate sul "Cabbage Effect" che solo noi potevamo inventare. Senza dimenticare il ritorno dalla stazione dei treni con meno di 1 euro in tasca. Peccato non averti conosciuto prima. E dire che tutti quelli del corso in Romania pensavano che ci conoscessimo da una vita.

Ringrazio anche **Nicola, Thomas, Daria e Mona** per il gruppo che abbiamo creato durante il soggiorno in Romania e per tutte le feste che abbiamo fatto assieme in appartamento a sparare cavolate.

I really miss the Hungarian boys **Gjula, the Farkas** sorry if I said you: “Ma sei una fogna!!!”, and **Deszo** for your helps with the h before the words and to offer me “Sex on the beach”. Thanks for the nickname “Piroska”.

Mi esce un'altra lacrimuccia a dover salutare e ringraziare la squadra di volley che mi ha ha aperto gli occhi al mondo al di fuori del collegio e dell'università... W CUS CUS. Mi duole pensarlo ma ci dovremo dividere e chissà se mai ci ritroveremo anche se non è detta l'ultima parola.

Al super capo **Alessandro** per i nostri battibecchi, per le prese in giro, per i momenti sereni, per aver sempre accettato gli inviti al mio compleanno e per gli inviti a casa tua e perchè in fondo ti voglio bene nonostante questo amore/odio.

Al mio preferito **Marco Codato** non me le dimenticherò facilmente le schiacciate in piena faccia che mi tiravi i primi giorni di allenamento e ti ringrazio perchè un giorno mi hai detto davvero una cosa bella “non riuscirei a vederti triste sei sempre felice!”.

Alla new entry **Daniel** per le tue storielle in campo sessuale.

Grazie **Alessia** per la tua semplicità, spontaneità e per il tuo modo di accogliere e salutare sempre tutti. Spero che il prossimo ritrovo lo potremo rifare di nuovo nella tua fantastica casa.

Alla **Pat** perchè sei proprio una tipa tosta e non ti fai mettere sotto da nessuno.

Alla **Mariangela** perchè una che fa arrabbiare Alessandro come te dovevo ancora conoscerla; a **Beppe** perchè mi usavi come valvola di sfogo per gli errori che facevi TU; alla **Sara** perchè ti ho sempre preferita come alzatrice anche se non avevi sempre voglia di farla; alla **Simo** perchè abbiamo lo stesso ciondolo, il Geco, e perchè eri la mia compagna di allenamento preferita; alla **Francesca Bionda e Marco** perchè mi siete sempre piaciuti come coppia e mi dispiace che quest'ultimo anno abbiate lasciato la squadra di pallavolo; a **Emma** perchè facevi bella presenza; alla **Francesca Mastro** per la tua irrinunciabile voglia dello spriz in piazza dopo allenamento.

E per ultimo, non perchè meno importante, il **COACH**. Grazie perchè nonostante le incomprensioni dei primi giorni ho scoperto in te una persona speciale e un vero amico. Ti ringrazio per le cure al mio piede, per l'essenza di lavanda, per gli allenamenti barbosi, per le partite di volley (soprattutto al torneo di beach dove Ale non voleva farmi giocare), per i suggerimenti per i regali, per l'album di foto (che era proprio come lo desideravo), per la rilegatura della tesi e perchè capisci davvero che il “Tocai ” di mio padre è proprio buono e sta bene anche con il campari.

Questi anni passati a Padova sono stati per me un modo per crescere, diventare indipendente, trovare nuove amicizie e per non trovarmi mai sola. Tutto ciò lo devo al **Collegio don Nicola Mazza**. L'idea dell'andare in collegio mi è sempre piaciuta e devo

dire che gli anni passati all'interno sono stati straordinari, grazie anche alle persone che ho incontrato.

Ringrazio prima di tutti la **direttrice Roberta** con la quale, soprattutto i primi anni, ho avuto modo di sfogarmi per i miei piccoli problemi e delusioni. Grazie perchè mi ha sempre dato fiducia. Mi scuso ancora per quel battibecco che c'è stato in biblioteca durante la riunione della commissione informatica.

Ringrazio anche la **Silvia** per le chiaccherate e per tutti i piaceri che mi hai sempre fatto. Alla **Luisa** perchè non ci fa mai trovare il cancello chiuso e per il tuo lavoro, perchè solo dopo il tuo infortunio ho capito quanto importante sei all'interno del collegio.

Alla **cuoca Stefania** per il tuo costante lavoro e scusa ancora se stavo prendendo sotto tuo figlio con la bici; alle signore delle pulizie **Stella e Cristina** perchè svolgete un lavoro importante che noi studenti sottovalutiamo (tanto c'è sempre qualcuno che pulisce per noi).

Ringrazio **Andrea Bobbio, don Francesco, don Mario, don Robson** che in quest'ultimo anno ho visto poco; scusate se non mi faccio viva più tanto al maschile. Grazie perchè quando vengo mi salutate sempre molto calorosamente chiedendomi come va e come sta Marco.

Ora però voglio ringraziare i protagonisti principali del collegio ovvero gli studenti. Prima di tutto vorrei esprimere un sentito ringraziamento a **TUTTI** gli studenti che ho conosciuto in questi anni. Da ognuno di voi, nessuno escluso, ho imparato tanto.

Iniziamo dalla mia cara compagna di stanza **Chiarelle** perchè nonostante gli orari opposti e l'inquadramento che avevo i primi anni ci siamo sempre rispettate e volute bene. Ricordo ancora i tre cuscini con cui dormivi, lo studio notturno mentre io andavo a dormire e perchè mi chiedi sempre come va e mi stai ad ascoltare come se ti stessi raccontando la cosa più interessante del mondo.

Alla gemellina bionda **Lucia** perchè non ho ancora capito perchè da grande vuole imparare a leggere le stelle e predire il futuro. Forse con la carenza di lavoro che c'è un posto vale l'altro. Quanto ti invidio per il soggiorno erasmus che stai facendo vicino al mare a Tenerife.

Alla sportiva **Marta** che nonostante le mie battute a volte cattive sta sempre al gioco e ride. Ti ringrazio per i bei momenti a tavola, per le corse sull'argine, per le pause caffè e perchè sei davvero semplice e una buonissima amica.

Alla canterina **Grace** che con la sua voce ha riempito l'anima del collegio durante i pomeriggi di studio. Grazie per la schiuma sul caffè!

Ringrazio ancora **Chiara Letizia, Annarosa e Mila** per tutti i momenti di gioia che abbiamo passato qui in collegio assieme. Alla dormigliona **Chiara Letizia**, scusami ancora per quello che ho detto durante l'ultima riunione di portineria. Alla precisina **Annarosa**

che se non è tutto in ordine non riesce a concentrarsi; come mi hai detto in “cazzeggio” cercherò di moderare il dialogo. Alla miglior danzatrice **Mila** per i bellissimi balletti che hai ideato e che tanto avrei voluto poter fare.

Non dimentico le amiche del mio anno **Elena Boso e Giulia Ambrosi** che hanno cambiato città per studiare. Avete fatto una scelta coraggiosa. Grazie perchè appena potete, venite a salutarci.

A **Concetta** perchè per “colpa” di quel programma che dovevo scaricarti, First, ti ho conosciuto meglio e anche a te **Gessica** perchè quando mi dici che ti sono mancata mi fai felice. Grazie per tutti i momenti di cazzeggio assieme, per il karaoke in portineria alle 23:30 e per tutto il resto.

Alla **Grazia Dattilo** che quest’ultimo anno ci hai fatto da sostituta della direttrice ma soprattutto da grande amica. Grazie per tutte le volte che mi prendivi in giro quando parlovo e camminavo allo stesso tempo e per le sere in cui cercavi di prepararmi qualche calmante per farmi dormire. Solo tu potevi scrivermi “Ringhio” sul barattolo dello zucchero!

A **Silvia Zande** per aver condiviso con me la gonna lunga il giorno della festa di Natale, per le chiacchierate, per i consigli di abbinamento dei vestiti e per l’aiuto che mi hai dato con il gruppo portineria. È sempre un piacere venire in camera tua a chiacchierare anche se qualche volta ti ho dovuto svegliare.

A **Limy**, il cartone animato, grazie per il caloroso abbraccio che mi dai quando passi di qua. Grazie per il film che mi hai fatto vedere sui cinesi e i giapponesi. Non ho ancora capito bene le differenze di fisionomia tra gli uni e gli altri ma ho scoperto un po’ della tua storia. Spero di venirti a trovare in Cina con il vestito rosso che tu tanto ambisci per il tuo matrimonio.

Alla **Lory e Anna**, mie degne sostitute per la direzione della commissione informatica.

Alla **Thilelli** che è l’unica che apprezza i miei dvd; grazie per i momenti che abbiamo passato in camera tua a parlare del mio matrimonio e di come sarà il tuo. Ti apprezzo perchè nonostante tu abbia le tue idee, le porti avanti a testa alta... appena puoi mi devi rifare il gatto con gli stivali di Shrek!

A **Sarah** che mi hai sempre dato i consigli migliori per affrontare gli studi. Ti ho sempre stimata perchè riesci ad essere sempre determinata, niente sembra spezzarti e riesci sempre ad andare avanti. Complimenti ancora per il bacio accademico, te lo meritavi davvero.

A **Chiara Rigo** perchè sai essere sempre spontanea con tutti e sprigiona sempre felicità. Ti invidio perchè quando parli riesci a catturare e nello stesso tempo coinvolgere le persone al dialogo. Sei proprio una politica nata... ma di quelle con i piedi per terra.

A **Elena Casanova** per quella volta che mi hai offerto una branda per la notte, per le volte che sono venuta a scroccarti il caffè, per l’aiuto sui vaccini e per la cena che ci hai preparato nella tua bella casetta. Scusa se ti ho preso in giro per il vecchio letto!

A **Ilaria B.** perchè con quei fantastici capelli hai interpretato davvero bene la parte della vecchia cocainomane durante il mazzurro.

A **Laura B.** perchè hai una voce fantastica e le canzoni di Elisa cantate al Mazzurro mi hanno davvero toccato il cuore.

Un ringraziamento va a **Anna Moglia** per le lunghe e veloci camminate per spostarci per Padova e per le chiacchierate serali dopo aver finito i colloqui del concorso per entrare in collegio.

Ringrazio anche le vecchie che ho conosciuto i miei primi anni: **Simona D'Angelo** perchè senza di te l'esame di biologia vegetale non l'avrei mai passato; la **Betta** perchè sprigioni allegria appena ti vedo; a **Giulia Agostini** perchè solo tu potevi fermare una corriera per andare a fare la pipì e far passare qualche persona prima della discussione della tesi perchè non te la sentivi; a **Chiara Brombin** con cui il primo anno andavo a correre. Grazie ancora per avermi lasciato nella buchetta il numero di cellulare di Marco; a **Elena Pedrotti** che mi hai insegnato che le piastre in cucina si scaldano prima dall'esterno; a **Vera** per avermi convinta a far parte della commissione informatica; a **Felicita** che nonostante il nome così radioso odia il sole e ama il brutto tempo; a **Laura Canzian** per aver condiviso con me l'attesa del treno, nella stazione di Mestre, al ritorno dall'Irlanda; a **Lucia Ceschin** per avermi curato la bruciatura della stufetta con l'aiuto della Maria Z.; a **Patrizia Detimo** per aver indicato a me e Marco il miglior campeggio a Vieste; a **Alessandra DiMonte** per la briosità che riuscivi a dare, per le imprecazioni per le punture di zanzare e per le tue urla ROMIN; a **Chiara Donadel** per la tua fantastica voce, per avermi detto che in collegio si poteva stare anche senza 30, 30 e lode o baci accademici (la Nicole mi aveva preso un po' giro il primo anno); a **Cinzia Pezzeri** per le tue fragorose risate, per l'averci proposto una fantastica vacanza in montagna; a **Chiara Treccani** per quella sera che mi hai chiamato per sbaglio in camera e mi hai subito chiesto come stavo; forse non era capitata per caso quella chiamata perchè era davvero in un attimo di sclero; a **Sara Azzolini** perchè hai fatto proprio bene a sceglierti un moroso in Sardegna così potrai fare delle vacanze invidiabili; a **Chiara Piccolo** perchè sei determinata e come ingegnere farai sicuramente carriera.

Alla **commissione informatica e al gruppo portineria**: vi ringrazio per avermi sopportato come "Capo", per le volte che durante le riunioni dovevo chiedere a voi di spiegare meglio quello che volevo dire, perchè a volte sono stata un po' "rompiballe" con alcune di voi.

Un breve ma significativo ringraziamento a **Maura** perchè sei proprio brava a prenderti cura della disastrosa cucina; a **Linda** per la chiacchierata serale in francese con uno sperduto turista uscita da solo, in bici, senza cellulare e senza sapere dove alloggiava (si

ricordava di un ponte e delle lucette blu); a **Sara Bonetti**; a **Silvia Barbon**; a **Elena Allegrini**; a **Valentina Boscolo** per l'impressionante imitazione che hai fatta durante la smatricolazione... volevo chiederti di fare la mia; a **Francesca Busetti** perchè mi fa capire che qualche volta le cose possono essere fatte anche più lentamente; a **Laura Carli**; alla presidentessa **Anna Silvia** perchè non so proprio come fai a studiare quei malloppi di leggi; a **Alessandra Casano** per l'essersi presa il compito di ordinare le magliette del Mazzurro, con le dovute lamentele; a **Chiara 100** perchè ti sei ricordata del mio compleanno e perchè hai preso davvero un compito impegnativo come maestra di canto; a **Giorgia** perchè sottovalutavo un po' e invece hai pure messo apposto la catena della mia bici; a **Simonetta Collet**; a **Silvia Copeta e Valeria** per quella volta che mi avete chiesto se venivo con voi a vedere un cagnolino da regalare alla Chiara Trencani in qualità di esperta di animali; a **Federica Dal Maso** perchè sai meglio di me il friulano e per la dolcezza della tua voce quando chiedi come va; a **Alessia Duso**; a **Cecilia Lucia**; a **Ilaria Frasinella** per il casino che solo tu sai fare; a **Giovanna e Anna Nardin** perchè siete davvero brave a portare avanti il gruppo Ad Gentes; a **Brani** perchè sei sempre molto educata e sai muoverti e parlare come nessun'altro sa fare; a **Monika** che è ancora scombuscolata dal rientro in Italia dopo essere stata in Spagna; a **Ana** per quel fastidioso rumore da pesce che fai e che io proprio non sopporto; a **Giulia Maino** ; a **Laura Marongiu "Olio"**; alla compagna di bagno **Chiara Masciovecchio** per l'aver cercato di farmi venire un'infarto mentre stavamo andando alla laurea della Giorgia (guarda prima di attraversare!); a **Giulia Mazza** un'altra friulana che come me che ha deciso che Padova era il posto migliore dove studiare; ad **Alice** per avermi passato un po' di musica e per la tua creatività; a **Sara Oliosi** perchè quella sera in camera tua ho scoperto che sapevi un sacco di cose sulla "Direttiva Nitrati"; a **Verena** che come me condividi la passione per la pallavolo; ad **Annalisia**; **Marilena e Angela Ricco** perchè la focaccia come voi non la prepara nessuno; ad **Alessandra Scarton** per le dimostrazioni di lotta durante la smatricolazione, sappiamo che possiamo contare su di te; ad **Elisa Scipioni**; a **Filomena** per il karaoke in segreteria; a **Cecilia Venezia** che stai cercando di mettere in riga Ghedin; a **Anna Vergottini** per la piacevole chiaccherata in sala lettura sul matrimonio; alla **Maria Zordan** perchè dopo che mi hai visto l'anello di fidanzamento al dito mi hai subito baciata e detto complimenti; a **Diana**; a **Stefania Chiarello** perchè è sempre stato bello chiaccherare con te, mi manchi un po' come vicina di livello.

Alle new entry "Le Matricole". Un ringraziamento a **Serena** che sperava di trovare in me un'esperta biochimica e perchè anche se l'ho sbrandata mi ha subito fatto un sorriso; a **Giada e Anna** perchè come studiate voi la matematica sembra proprio divertente infatti la studiate la sera-notte in cazzeggio o ascoltando la musica con le cuffiette; a **Francesca**; a **Laura Asnicar**; a **Silene**; a **Denise** perchè sei una persona esplosiva; a **Valentina Di Chiaro**; a **Giulia Ginami**; a **Licia**; a **Silvia Pajarin**; a **Giulia Reggiani** ricordati che

qualche volta un sorriso può far cambiare la giornata a una persona; a **Teresa**; a **Angela Urso** grazie che ti sei presa il compito di cambiare i toner, io non ne potevo più di farlo; a **Zhu** perchè sei unica! Solo tu puoi apprezzare il caffè italiano con il miele cinese; a **Maria Zulpo**.

Passiamo ora al collegio Maschile e agli ex studenti.

Al **Fede**, il miglior amico a cui tutti si affidano. Perchè non c'è nessuno che come te che organizza e fa, per i tuoi ritardi di mezz'ora (in fondo sei figlio di ferroviere), perchè cerchi sempre di essere ovunque e salutare sempre tutti prima di andare via perdendo a volte più di un'ora. Non so come faremo senza di te.

Al mio amante segreto **Panch**, grazie per le foto fatte insieme da spedire a Marco.

Al **Simo** che prima ancora di salutarmi mi ha già preso in braccio e sollevata da terra. Grazie perchè è bello essere accolti così. Se non fossi andata in Olanda e tu non fossi andato a trovare Paolo non ti avrei mai conosciuto bene. Ed infine grazie per l'AIUTO con l'abstract, ovviamente un ringraziamento va anche Fede che ha dato l'ultimo ritocco! Al figo **Circo** per l'ospitalità che hai dato in erasmus a me e Marco... "putroppo ho le stoviglie per una persona, con cosa preferite mangiare? Con una forchetta, un cucchiaino o con il mestolo?". Grazie ancora per l'essere venuto con **Paolo Zampolini** a vedere l'interessantissima discussione della mia tesi triennale in Olanda. Ma quanto vi sarete annoiati? Almeno vi siete mangiati una bella fetta di torta.

Al riccissimo **Pini** che si è offerto subito a cambiare la camera d'aria della mia bici. Ti ringrazio per le volte che in treno mi hai aiutato con la valigia e per le chiacchierate.

A **Renna** per i continui inviti in camera tua, per tutti i discorsi del c*++o che facciamo soprattutto dopo qualche spriz. Grazie per quella sera che mi hai sorretto dopo 2 spriz, mi spiace ma è anche un po' colpa tua. Scusa se il primo anno me la tiravo quando andavo a correre con i maschi del collegio dicendoti, mentre stavo facendo stretching "beh? Cos'hai da guardare?".

A **Ghedino** per il suo modo simpatico di camminare e soprattutto ballare, per il porta penne e perchè sei una persona di compagnia. Sei un po' come il prezzemolo! Ti si ritrova ovunque, pure al ritorno del viaggio di me e Marcoda Foggia, al pranzo dal Fede e al compleanno di Marco a Brescia per scroccare un pranzo.

A **Aldo** perchè con la tua chitarra sapevi creare, nelle serate in Prato della Valle, l'atmosfera adatta. Grazie per le chattate anche alle 08:00 di mattina.

A **Saverio** perchè dalle lacrime di tristezza/contentezza durante la lettura del tuo papiro ho capito quanto è stata importante per te la vita in Collegio. Grazie per l'invito a casa tua durante le vacanze estive, grazie perchè solo tu hai capito quanto sono importanti le scelte della mia vita. Scusa ancora se quella volta a cena mi sono pulita con il tuo tovagliolo, non ce n'era un altro a portata di mano e scusa se quando ti vedo mangiare gli

spaghetti, con il cucchiaino e con la faccia a due cm dal piatto, ti prendo in giro.

A **Roberto Panato detto “Merita”** che ho conosciuto un po’ di più quando è diventato compagno di stanza di Marco. Grazie per non esserti lamentato della mia presenza in camera. Complimenti ancora per l’aver trovato lavoro in un invidiabile settore.

A **Daniele Panato**, uno dei pochi che faceva l’Agraria come me; grazie per l’aiuto che mi hai dato in agronomia.

A **Ludovik** perchè è sempre un piacere vederti. Grazie per essere stato il mio compagno di salsa anche se ti sei stufato presto del corso. Se non fosse stata per la festa della **Federica** non ti avrei mai conosciuto. Visto che l’ho nominata ringrazio anche la pazza **Fede** per la stupenda festa che purtroppo si è conclusa amaramente; non ti preoccupare, ci hai davvero trattati bene e non lo dimenticheremo, pazzoide.

A **Fabrizio** perchè nonostante le difficoltà iniziali a capirci, è sempre un piacere vederti per Padova per qualche laurea o per venire a salutare i tuoi vecchi, ora che sei all’università di Bologna.

A **Slobo** perchè i primi anni mi facevi un po’ paura e mi sembravi un fisico pazzo; ora che ti conosco e che soprattutto sei andato in Friuli Venezia Giulia a studiare, ti apprezzo di più. Grazie per l’ospitalità a Trieste e per essere venuto a trovare me e Marco a Muggia.

Al **Pagio** che ho conosciuto correndo; a **Soave** anche se i primi anni non mi stavi tanto simpatico perchè mi prendevi sempre in giro; al **Guerra** per la scelta coraggiosa che hai fatto e al **Pertile, Alessandro Artuso, Edo** che hanno sopportato la mia presenza all’edificio C.

A **Stefano Anselmi** perchè ho capito solo durante salsa che sei davvero simpatico. Forse tu avrai capito quanto stresso la gente; grazie per avermi sopportato; a **Pierangelo Canton** per avermi aiutato con la presentazione per l’esame orale d’inglese; a **Davide Fagherazzi** per la voglia di fare tutto, ma proprio tutto, al di fuori della sola e noiosa vita universitaria; a **Stefano Organo** per le minchiate nel coffe break; a **Daniele Sartori** perchè non sai dire il mio nome (“Ciao Omina!”).

Ed infine, perchè vi voglio davvero ricordare tutti, ringrazio anche **Nicola Dalla Pozza, Giorgio Pusceddu, Davide Misturini, Zobot, Bat, Piovan, Alberto Monese, Marco Furlan** perchè non vi ho conosciuto molto bene, ma abbastanza per capire che siete stati delle persone fondamentali per la vita del collegio.

Ai ragazzi assidui frequentatori della RIS **Ciccio, Marco G., Giovanni**. Grazie perchè cercate sempre di non mettere a disagio le altre persone quando vi fermate a pranzo, a cena o a bere il caffè. Scusate se quando vi vedo vi dico “ma siete sempre qua?” ve lo dico solo perchè sono un po’ invidiosa!

Ho cercato di ringraziare e salutare tutti, scusate se qualcuno di voi non troverà scritto il suo nome!

Romina

