



PSR LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI
2014 2020



Regione
Lombardia

Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento del FEASR

*Responsabile dell'informazione: Agroenergie Vidolasco Soc. Coop. Agricola,
capofila del PIA n. 5 – op. 16.10.02*

Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia

STUDI ALLEGATI ALLA RELAZIONE FINALE

PARTE 1

I SUOLI LOMBARDI E L'UTILIZZO DELLE MATRICI ORGANICHE IN AGRICOLTURA –
STATO DELL'ARTE

PARTE 2

APPROFONDIMENTI E ANALISI DEI PROCEDIMENTI AZIENDALI IN DUE AZIENDE
DELL'AREA PIA

PARTE 3

STUDIO SULLE POTENZIALITA' DI DIFFUSIONE A SCALA TERRITORIALE
DEL MODELLO PROPOSTO ATTRAVERSO IL PIA



PSR
2014 2020
LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



PARTE 1

I SUOLI LOMBARDI E L'UTILIZZO DELLE MATRICI ORGANICHE IN AGRICOLTURA – STATO DELL'ARTE

Autori:

dott. agronomo Anna Mazzoleni *

dott. geologo Sarah Chakir*

dott. Guido Ongaro *

* InnovativeTechnologyLab S.r.l. Email: info@innotechlab.eu Cod. Fisc. e P. Iva 01220760555

Con la supervisione scientifica di:

IAIA Italia (International Association of Impact Assessment)

Sommario

LA SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI – IL RUOLO INSOSTITUIBILE DELLA ZOOTECNIA	1
IL PROBLEMA DELL'ECCESSO DI AZOTO	4
IL COMPOSTAGGIO DI EFFLUENTI E DIGESTATI PER LA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI E PER UNA GESTIONE RAZIONALE DEI SOTTOPRODOTTI AGRICOLI	12
IL PIA "AGRICOLTURA SOSTENIBILE E VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE NATURALI NELLA FASCIA DEI FONTANILI TRA OGLIO E SERIO"	24
L'UTILIZZO DEL COMPOST COME AMMENDANTE E FERTILIZZANTE – ASPETTI TECNICI e APPLICAZIONE AL PIA.....	25
BIBLIOGRAFIA	29

DICEMBRE 2023

*

CAPOFILA

Agroenergie Vidolasco Società Cooperativa Agricola

sede legale: Via Cesari 1/A, 26100 CREMONA (CR)

agroenergie.vidolasco@pec.it

LA SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI – IL RUOLO INSOSTITUIBILE DELLA ZOOTECCNIA

Il suolo costituisce la maggiore riserva di carbonio organico sulla Terra, esclusi gli oceani: il carbonio organico contenuto nei suoli del pianeta è due volte quello presente nell'atmosfera e tre volte quello trattenuto dalla vegetazione. Preservare, e possibilmente incrementare, gli stock di carbonio contenuti nei suoli è perciò determinante per il duplice scopo di mantenerne la fertilità e di mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

Il calo di sostanza organica nei suoli agrari della Pianura Padana rappresenta un'emergenza ambientale e produttiva messa in evidenza da numerosissime fonti già a partire dagli anni '70, così come, fin da allora, è stata messa in luce la correlazione di questo fenomeno con il venir meno della componente zootecnica: Saltini e Farini, 1973, hanno analizzato la variazione del contenuto di sostanza organica dei terreni agrari in un comprensorio percorso dal Canale di Burana, nelle province di Mantova, Modena e Ferrara che interessa una media di 24 aziende (1).

Tab. 2 - Variazione del contenuto in sostanza organica dei terreni agrari di un comprensorio percorso dal Canale di Burana (media di 24 aziende).	
EPOCA	SOSTANZA ORGANICA MET. ITSCHEREKOW (% sul terreno secco)
1935	2,83±0,59
1972	1,55±0,18

N. B.: - Nelle aziende è stata eliminata la stalla fra il 1943 ed il 1968. Fonte: Saltini e Farini, 1973

Gli autori hanno evidenziato un **calo di sostanza organica di oltre 1,3 punti percentuali alla scomparsa dell'attività zootecnica** nel periodo compreso fra le due rilevazioni

Peraltro, già nel 1948, Alfonso Draghetti (direttore della stazione sperimentale di Modena considerato il fondatore del concetto di agricoltura biologica in Italia) aveva dimostrato, attraverso l'analisi di decenni di prove condotte nell'azienda sperimentale, come la fertilità dei suoli agrari sia legata alla sua dotazione di sostanza organica, e come la conservazione della fertilità del suolo produttivo necessiti di cicli di massa ed energia che è possibile mantenere solo se l'asportazione colturale viene compensata con l'apporto di matrice organica "arricchita" dal passaggio nell'apparato digerente degli animali allevati: in assenza di tale arricchimento biologico, la produzione vegetale è destinata a depauperare gradualmente la dotazione di sostanza organica dei suoli, con effetti deleteri sulla fertilità (2). Tale tesi, sviluppata nel periodo di massima infatuazione delle concimazioni minerali, ha dovuto attendere il nuovo millennio per essere riconsiderata nel suo pieno realismo e nella sua incredibile attualità.

Nel periodo in cui Draghetti scriveva, si era infatti già innescato un processo socio-economico che ha portato all'estrema specializzazione delle aziende agrarie, con la tendenza cioè a specializzare ogni azienda secondo indirizzi produttivi vegetali oppure zootecnici, non più considerati complementari. Questo

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

“disaccoppiamento” della parte produttiva zootecnica e vegetale, separate in soggetti aziendali diversi, ha portato al paradosso di avere alcune aree territoriali caratterizzate da densità zootecniche eccessive rispetto alle necessità di produzione vegetale e, per contro, altre aree con insufficiente capacità di ripristino della sostanza organica nei suoli in quanto le aziende agricole non hanno più la parte zootecnica.

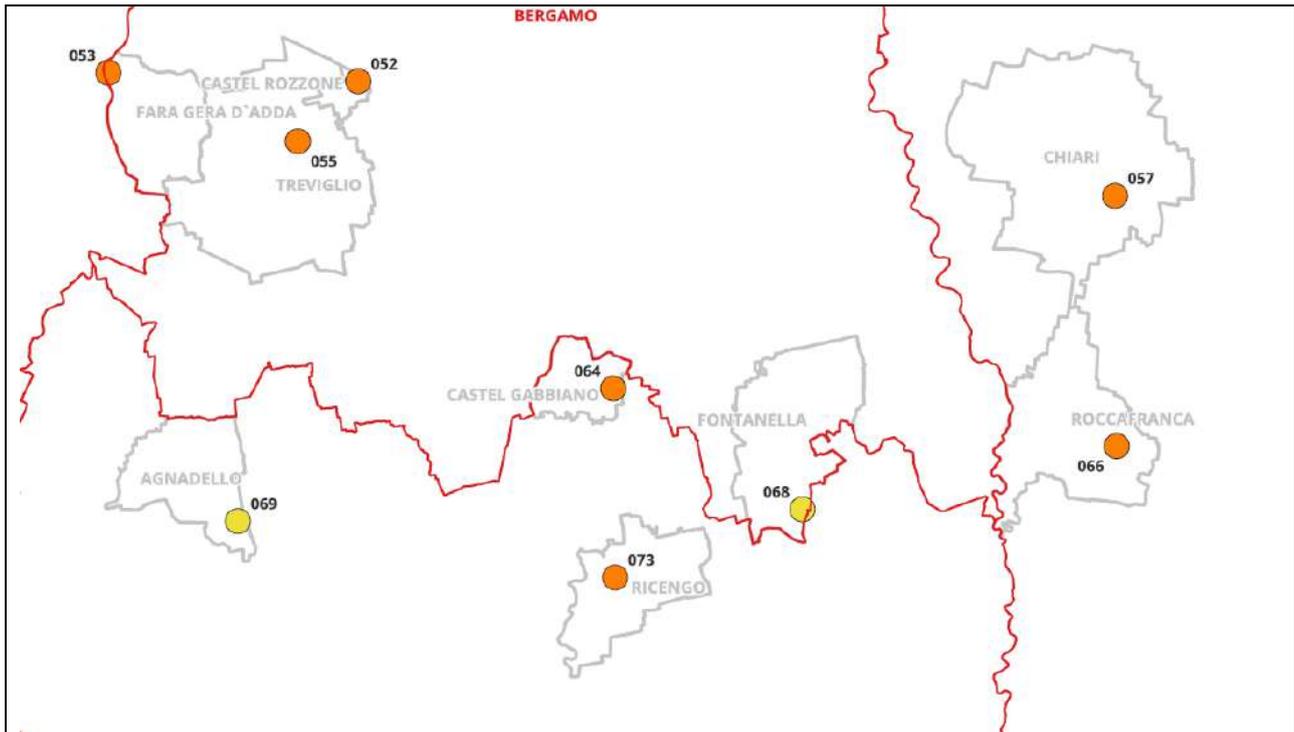
Lo stato di salute dei terreni del nord Italia è stato analizzato e riportato da molteplici studi, e tutti rivelano di fatto questa duplice situazione, come ben evidenziata, proprio per la Lombardia, in una pubblicazione di ISPRA del 2008, nel quale si legge: *Nei suoli agricoli della pianura lombarda, tenori in sostanza organica compresi tra 1,5-2% sono da considerarsi prossimi ad una soglia di sufficienza e superiori al 2% come un indice di una buona dotazione. Tali valori, favoriti anche dalla grande diffusione della zootecnia che assicura apporti regolari e considerevoli di materiali organici ai suoli, sono in effetti frequenti in tutta la pianura...*”

Il Progetto Soil (4) è stato ideato per valutare la qualità, lo stato di salute e di compromissione del suolo agricolo lombardo. Incentrato in modo particolare sulla presenza di inquinanti, è comunque servito a raccogliere anche quantità di dati generali utili a una lettura di massima della situazione dei suoli lombardi. I campionamenti sono stati realizzati in punti inseriti nella rete di monitoraggio europeo LUCAS.

CAMPIONI	052	053	055	057	064	066	068	069	073
pH	7,29	8,31	8,08	6,45	8,02	7,22	8,36	7,07	8,36
argilla %	12,22	4,59	11,31	11,37	3,51	7,41	22,36	3,12	4,55
limo%	62,98	41,56	47,12	37,31	38,48	32,04	49,99	33,21	32,11
sabbia%	24,80	53,85	41,56	51,31	58,01	60,55	27,65	63,67	63,34
CSC meq/100 g	14,55	9,91	13,24	14,00	17,66	10,59	13,76	16,76	17,24
N %	0,20	0,15	0,17	0,17	0,28	0,11	0,14	0,29	0,21
C %	1,72	6,66	1,49	1,51	4,95	0,96	1,64	2,49	3,60
Calcarea %	0,92	40,03	<0,20	<0,20	7,97	<0,20	3,40	0,85	9,28
C inorg %	0,11	4,80	<0,02	<0,02	0,96	<0,02	0,41	0,10	1,11
C org %	1,61	1,85	1,49	1,51	3,99	0,96	1,23	2,39	2,48
C/N	7,92	12,51	8,68	8,93	14,22	8,38	8,56	8,12	11,57
SO %	2,78	3,19	2,57	2,60	6,88	1,66	2,12	4,11	4,28

A fianco: parametri di alcuni punti di monitoraggio di Progetto Soil, utili ai fini PIA

Sotto: collocazione dei punti di monitoraggio del Progetto Soil indicati a fianco



Sulla base dei dati riportati nelle relazioni del Progetto Soil (4), emerge la buona dotazione organica nelle aree a maggiore densità zootecnica e, in particolare, spicca il valore del punto di campionamento n. 064 in Castel Gabbiano (CR), che corrisponde a terreno condotto dal Partner n. 28 del PIA (Az. Agricola Spring Farm di Bianchessi), azienda nella quale l'utilizzo di ammendante compostato prodotto da effluenti e digestati aziendali era già attivo da oltre 3 anni al momento del campionamento e che ha infatti partecipato al PIA come partner di azione, apportando il proprio solido *know how* in materia di compostaggio da matrici zootecniche.



Nell'ambito del PIA sono stati campionati e analizzati campioni di suolo provenienti da Soncino (loc. Gallignano, presso partner PIA n.2) e Casale Cremasco-Vidolasco (loc. Vidolasco, presso partner PIA n.1). Le

analisi, svolte nel 2020 prima di iniziare la produzione e concimazione con compost aziendale, evidenziano una buona dotazione di sostanza organica, compresa tra il 3 e il 5,9%, sebbene non elevata e stabile come quella rilevata presso i terreni di Spring Farm a Castel Gabbiano, nei quali la concimazione con compost aziendale è già attuata da oltre un decennio.

I problemi collegati alla riduzione della sostanza organica nel suolo sono molteplici e complessi, per la quantità di ricadute. La sostanza organica nel suolo rappresenta la forma più importante di stoccaggio stabile di carbonio, in contrasto con la liberazione di gas serra quale CO₂, inoltre è direttamente correlata alla capacità di ritenzione idrica del suolo e di protezione rispetto ai corpi idrici, alla conservazione della biodiversità, alla resilienza del sistema territoriale. Secondo una stima pubblicata da ISPRA nel 2012 (5) la diminuzione di sostanza organica nei suoli a livello europeo comporta un costo pari a 3,4 – 5,6 mld €/anno.

IL PROBLEMA DELL'ECCESSO DI AZOTO

L'eccesso di azoto prodotto nelle aree a elevata densità zootecnica rappresenta "l'altro lato della medaglia" rispetto al calo di sostanza organica nei suoli e costituisce sicuramente il maggiore impatto ambientale generato dal comparto zootecnico. La pianura lombarda vanta da tempo immemore un'elevata dotazione zootecnica, aumentata a livelli esponenziali a seguito dei modelli intensivi affermatasi dalla seconda metà del secolo scorso.

L'Agencia Europea per l'Ambiente (EEA) stima che l'agricoltura italiana incida per oltre il 60% sui rilasci di azoto verso le acque superficiali ed evidenzia una stretta correlazione tra la concentrazione dei nitrati nelle acque e l'intensità delle pratiche agricole presenti sul territorio (6). Tale valutazione si inserisce in un contesto internazionale in cui l'Italia si colloca a valori paragonabili con quelli dei paesi che hanno un sistema agricolo intensivo.

La preoccupazione verso gli elevati input di fertilizzanti azotati nel sistema agricolo, che si traducono in un maggior rischio di rilascio verso l'ambiente, cresce nelle zone a zootecnia intensiva dove si somma l'uso fertilizzanti minerali azotati con l'elevata disponibilità di effluenti di allevamento. Questi hanno dal punto di vista ambientale valore positivo in quanto consentono di riportare fertilità al terreno sotto forma di sostanza organica e microelementi evitandone l'impoverimento. Quando sono prodotti in quantità elevate possono però incrementare i rilasci di azoto verso le acque anche perché la modalità con cui vengono utilizzati ne comporta una utilizzazione solo parziale da parte delle colture.

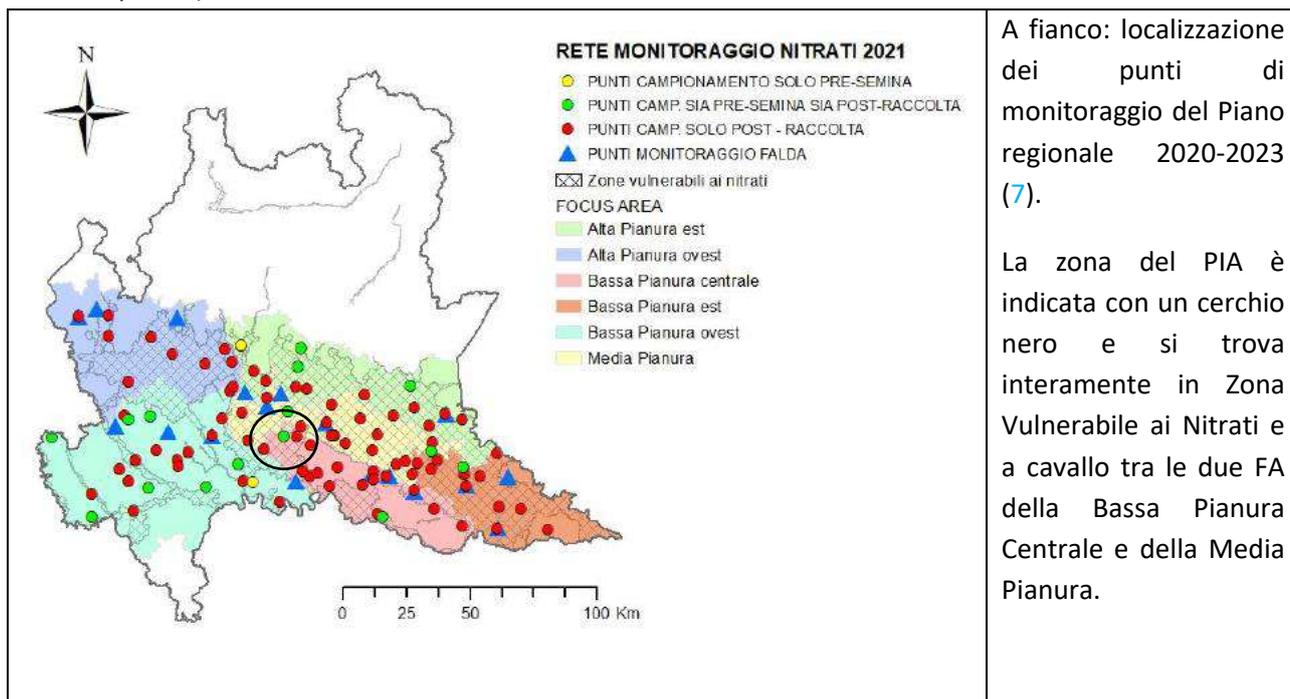
Queste considerazioni hanno portato all'emanazione a livello comunitario della "Direttiva Nitrati" (91/676/CEE) che ha avuto il suo pieno recepimento a livello nazionale solo con il D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006 e il DM del 7 aprile 2006. Come noto la direttiva richiede la designazione di zone vulnerabili, cioè di zone dove la gestione dell'azoto e in particolare quello di origine zootecnica è fortemente regolamentata attraverso dei "programmi di azione". Il limite più significativo riguarda la quantità massima di azoto da effluenti di allevamento utilizzabile, che viene fissata in 170 kg per ettaro e per anno. Parallelamente il decreto nazionale regola l'utilizzo dell'azoto anche nelle zone non vulnerabili fissando il tetto di utilizzo di quello di origine zootecnica a 340 kg per ettaro e per anno.

Il PIANO DI MONITORAGGIO DEI SUOLI E DEI SISTEMI AGRICOLI 2020-2023 messo in campo da Regione Lombardia-Ersaf (7) si pone come obiettivo quello di creare un modello di verifica della sostenibilità delle

pratiche di fertilizzazione basate su aziende rappresentative della pianura lombarda, monitorate in continuo al fine di fornire un quadro generale dello stato qualitativo dei suoli agricoli attraverso la valutazione di una serie di indicatori agro-ambientali determinati in funzione dell'ambiente pedoclimatico (Focus Area o FA) e dell'ordinamento culturale.

L'impostazione dello schema di monitoraggio si fonda su 2 azioni complementari:

1. L'individuazione di circa 90 punti di monitoraggio/anno per il campionamento dei suoli.
2. La definizione di una rete di monitoraggio per il campionamento della falda acquifera ipodermica (profondità 0-3 m) tramite l'installazione a regime di una rete di piezometri (indicativamente 3 siti per FA).



A fianco: localizzazione dei punti di monitoraggio del Piano regionale 2020-2023 (7).

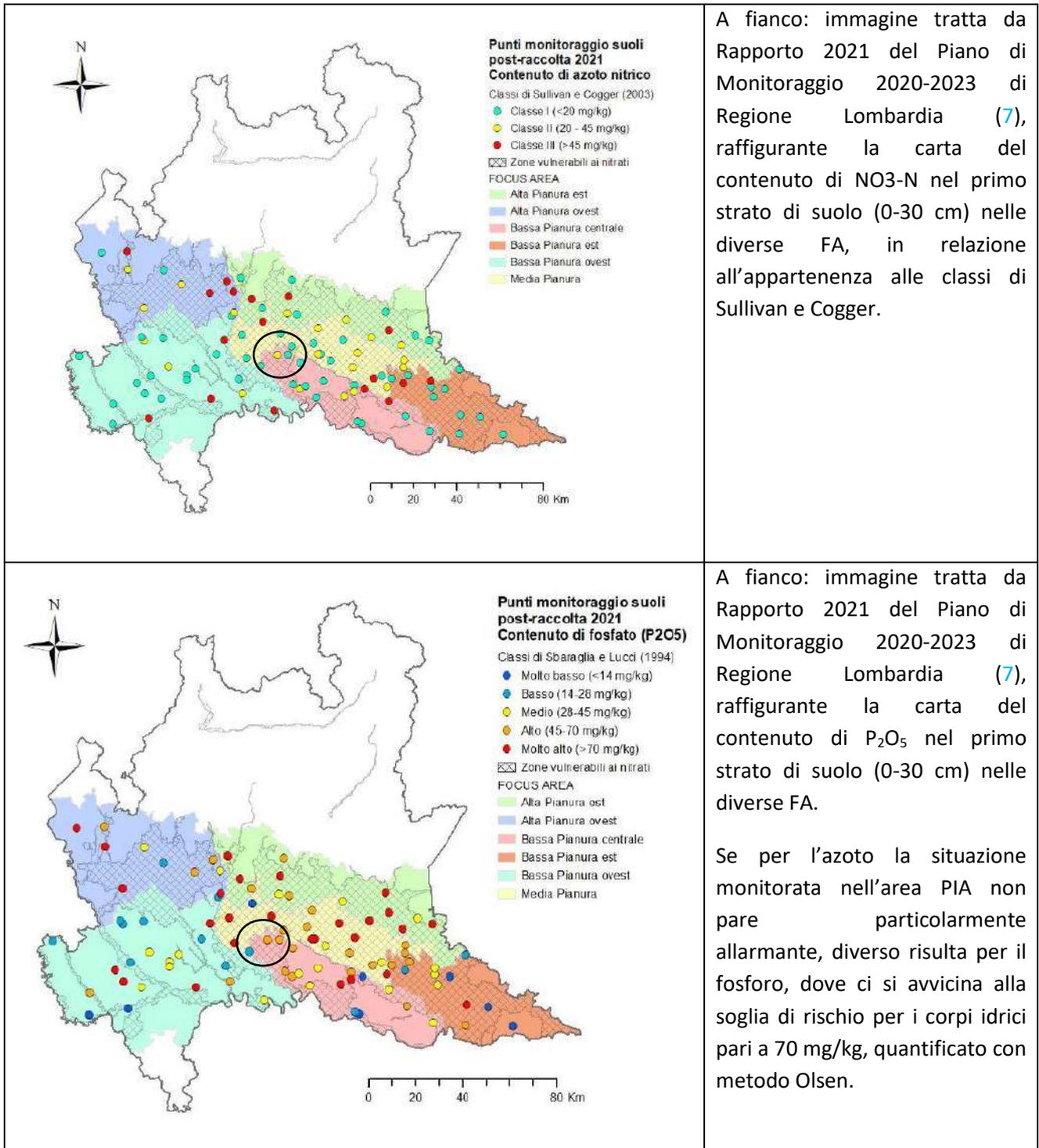
La zona del PIA è indicata con un cerchio nero e si trova interamente in Zona Vulnerabile ai Nitrati e a cavallo tra le due FA della Bassa Pianura Centrale e della Media Pianura.

Il contenuto di nitrati del suolo può fornire utili informazioni sia sul rischio potenziale di perdita di nitrati (non assorbiti dalla coltura), sia sull'efficienza della gestione dell'azoto. Sullivan e Cogger (8)(7) hanno ipotizzato 3 possibili intervalli di concentrazioni di $\text{NO}_3\text{-N}$ cui corrispondono differenti consigli sulla gestione dell'azoto (Tabella 9).

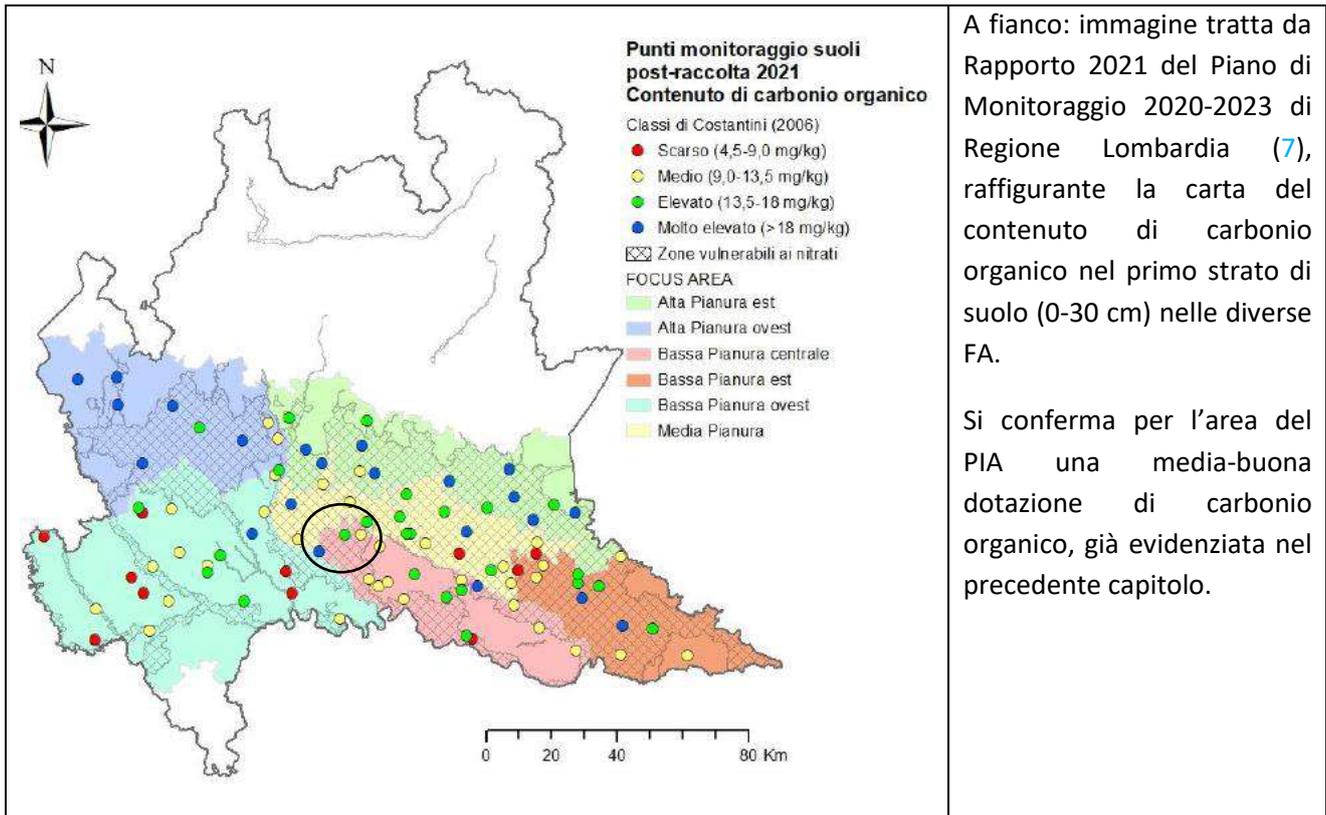
Tabella 9. Possibili intervalli di concentrazioni di $\text{NO}_3\text{-N}$ secondo Sullivan e Cogger (2003)

	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg kg^{-1}	Suggerimenti di gestione
Classe I	< 20	Continuare con il piano di concimazione attuale.
Classe II	20 - 45	Ridurre la concimazione in copertura nella stagione successiva, utilizzando il test dell'azoto nitrico in copertura effettuato tra la 4-6 foglia (15-30 cm per il mais) per decidere il quantitativo di azoto da apportare. Non apportare più del 125% dell'azoto asportato mediamente della coltura. Ridurre del 10-25% la quantità di N organico apportata.
Classe III	> 45	Non effettuare la concimazione in copertura nell'anno successivo, ridurre i quantitativi di N organico in presemina. Apportare azoto non superiore alla quantità asportata mediamente della coltura. Ridurre del 20-40% la quantità di N organico apportata.

A fianco: immagine tratta da Rapporto 2021 del Piano di Monitoraggio 2020-2023 di Regione Lombardia (7)



A differenza dell'azoto, il fosforo ha una ridotta mobilità nel tempo. La sua presenza più massiccia nei suoli di interesse, indica quindi l'intenso apporto di nutrienti a cui i suoli sono costantemente sottoposti, più difficilmente rilevabile con azoto nitrico, che è molto mobile e non permane nel suolo.



A fianco: immagine tratta da Rapporto 2021 del Piano di Monitoraggio 2020-2023 di Regione Lombardia (7), raffigurante la carta del contenuto di carbonio organico nel primo strato di suolo (0-30 cm) nelle diverse FA.

Si conferma per l'area del PIA una media-buona dotazione di carbonio organico, già evidenziata nel precedente capitolo.

Per quanto riguarda il monitoraggio della falda si riportano i dati riguardanti la stazione di Fara Olivana (BG), prossima alle aree del PIA.

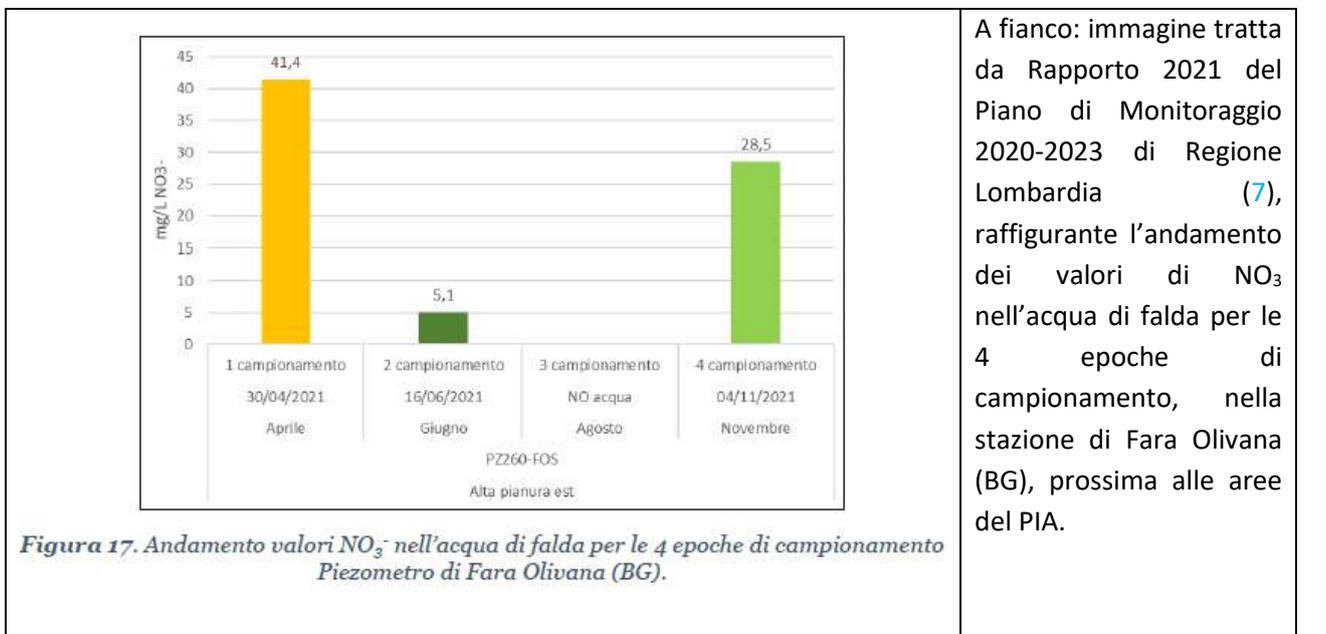


Figura 17. Andamento valori NO₃⁻ nell'acqua di falda per le 4 epoche di campionamento Piezometro di Fara Olivana (BG).

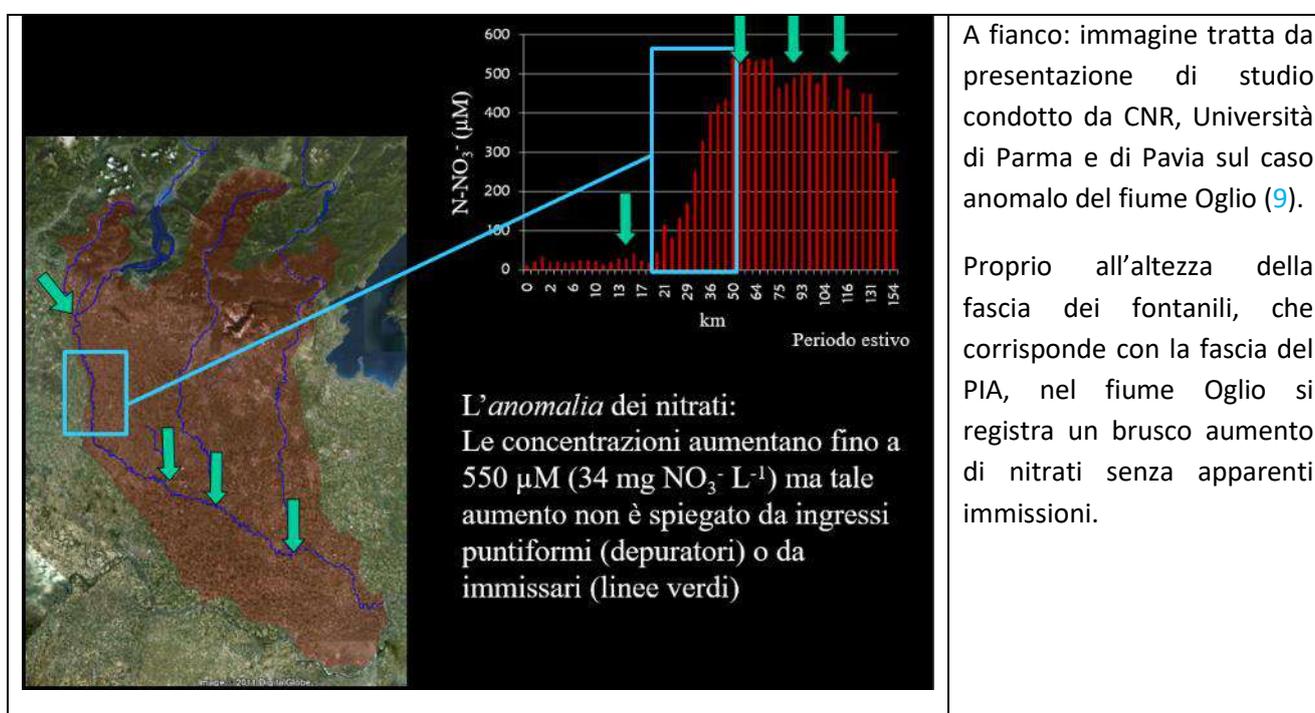
A fianco: immagine tratta da Rapporto 2021 del Piano di Monitoraggio 2020-2023 di Regione Lombardia (7), raffigurante l'andamento dei valori di NO₃ nell'acqua di falda per le 4 epoche di campionamento, nella stazione di Fara Olivana (BG), prossima alle aree del PIA.

Emerge di fatto una fase di maggiore concentrazione nel primo campionamento, probabilmente per effetto della preparazione del letto di semina, generalmente eseguita in un periodo di poco antecedente a quello di campionamento, a causa dell'elevata mobilità dello ione nitrato nel suolo e alla sua possibile lisciviazione in assenza della coltura principale.

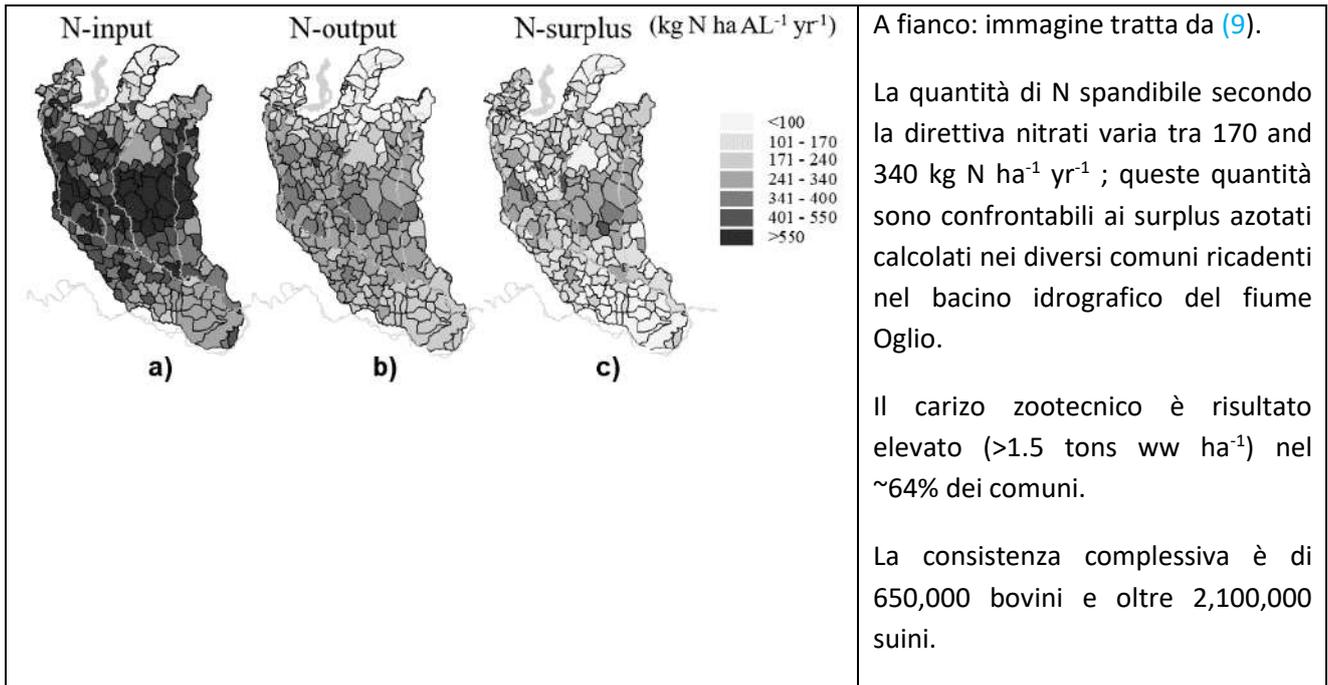
Tuttavia, le analisi condotte nel giugno 2020 in corpi idrici superficiali dell'area PIA hanno evidenziato una elevata presenza di azoto nitrico, con concentrazione di NO_3^- tra 42 e 50 mg/l in un fontanile a Soncino, loc. Gallignano (presso partner PIA n.2) e tra 48 e 74 mg/l in un fontanile a Casale Cremasco-Vidolasco (presso partner PIA n.1) (dati inediti, analisi PIA, 2020).

Ulteriori dati sulla concentrazione di N nelle acque provengono dai monitoraggi in corso nell'ambito del progetto Arco Blu di Parco del Serio, cofinanziato con fondi Cariplo. Il monitoraggio sul fontanile Trobbiate in comune di Covo ha evidenziato concentrazioni di ione nitrico tra i 12 e i 14,5 mg/l (dati inediti, Progetto Arco Blu, Parco del Serio, 2023).

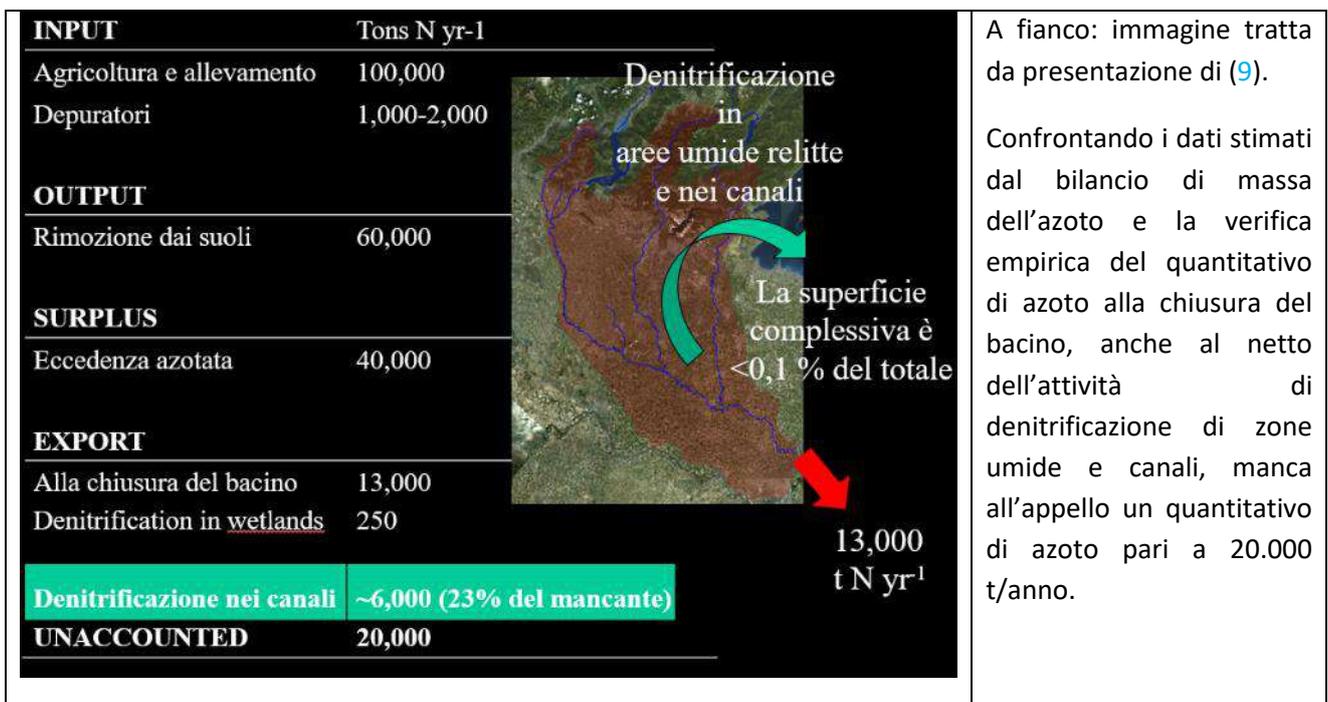
Riguardo al comportamento dell'azoto nelle matrici ambientali suolo-acqua, occorre tuttavia evidenziare che non sempre la situazione è chiara e prevedibile. In particolar modo il fiume Oglio rappresenta una bizzarra anomalia, lungamente studiata, proprio nel tratto che attraversa la fascia di interesse del PIA. In questa zona del corso d'acqua si registra infatti, nella stagione estiva, un improvviso innalzamento delle concentrazioni di azoto, senza che ve ne siano cause o motivazioni evidenti (9).



Questa anomalia estiva, riscontrata in campionamenti stagionali ripetuti per oltre 7 anni, suggerisce un inquinamento diffuso da nitrati. Tale possibilità è stata studiata (9) effettuando nel bacino dell'Oglio sub lacuale un bilancio di massa dell'azoto, secondo l'approccio Soil system budget proposto da Oenema & al. (10). I principali carichi di azoto derivano dal settore zootecnico e dai depuratori urbani. Il calcolo condotto rispetto all'azoto prodotto dal comparto zootecnico ha rivelato un surplus di produzione di azoto rispetto ai limiti della direttiva nitrati nel 64% dei comuni ricadenti nel bacino idrografico del fiume Oglio. In totale vengono stimate 100.000 t di N provenienti da carichi zootecnici e 1.000-2.000 t di N provenienti dai depuratori.

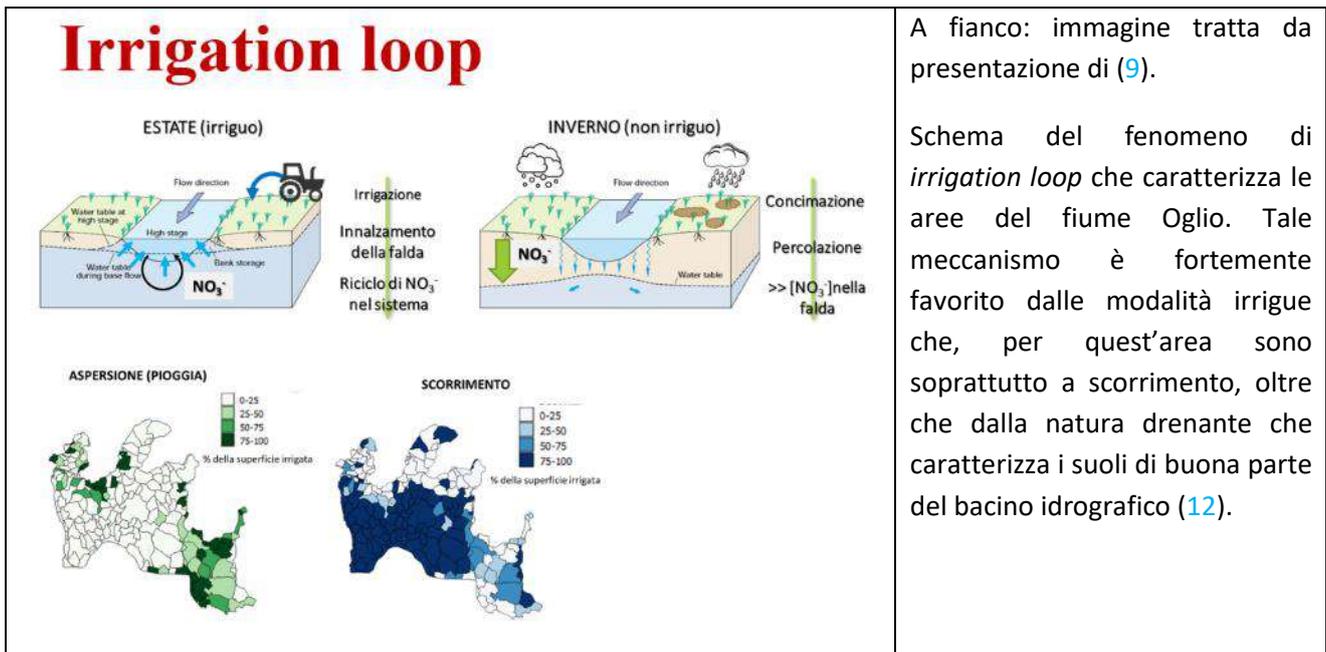


Riguardo agli output, la rimozione di azoto che avviene nei suoli per attività vegetale o microbica è stata stimata a circa 60.000 t N/anno. Considerato che il carico di N alla chiusura del bacino risulta di 13.000 t N/anno, risulta quindi mancare un quantitativo di N pari a 26.000 t N/anno, che, secondo il bilancio di massa dell'N avrebbe dovuto essere riscontrato alla chiusura del bacino, e che invece pare scomparso. Anche considerando l'attività di denitrificazione dei sistemi umidi (che risulta molto efficiente soprattutto nelle lanche connesse al fiume, ma anche nei fontanili) e, in minor misura, nei canali (11), risultano comunque 20.000 t/anno di azoto mancante.



L'ipotesi più probabile è che l'azoto mancante venga captato dalle falde, i cui livelli estivi si alzano per effetto dell'irrigazione a scorrimento tipica delle pianure drenanti del bacino, favorendo in questo modo un in diretto contatto con il fiume, proprio nella fascia in cui si registra l'innalzamento improvviso di azoto, spiegandone così la genesi. Questa fascia di "contatto" tra il fiume e la falda nel periodo estivo corrisponde alla zona di risalita delle acque sotterranee e corrisponde infatti alla fascia dei fontanili.

Questo fenomeno stagionale di cessione e restituzione di acque ed elementi disciolti tra falde e corpi idrici superficiali viene detto "irrigation loop".



L'elevata concentrazione di N nelle falde sotterranee del bacino idrografico e nei relativi fontanili, conferma questa ipotesi (13)(9).

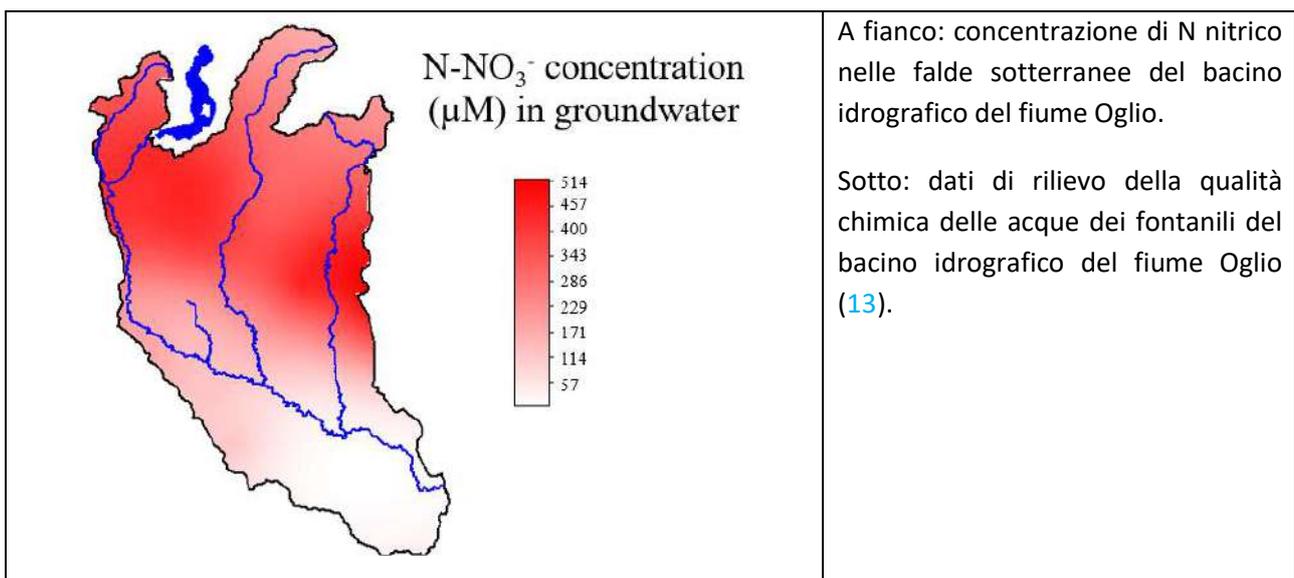


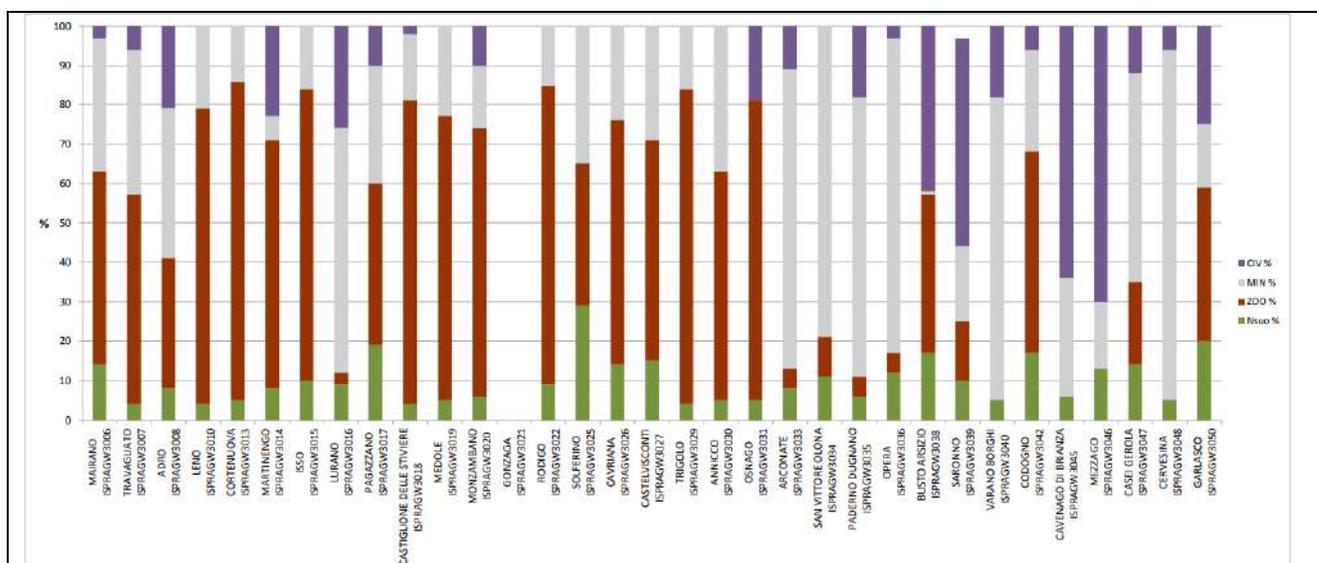
Table 3. Mean, maximum and minimum values of the physical and chemical parameters analysed at headstream (H) and downstream (D) stations.

	June						August					
	Mean		Max		Min		Mean		Max		Min	
	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D
pH	7.33	7.66	7.67	8.37	7.08	7.30	7.49	7.68	8.31	8.64	7.17	6.63
T	16.7	17.3	19.0	22.0	15.0	15.0	17.4	18.4	22.0	22.0	14.0	16.0
O ₂	5.63	7.73	8.63	14.04	0.91	4.21	4.67	7.61	8.07	11.76	1.71	4.78
NH ₄ ⁺	0.02	0.28	0.20	2.72	0.00	0.00	0.09	0.77	0.80	8.87	0.00	0.00
NO ₃ ⁻	0.16	1.10	1.19	9.23	0.00	0.01	0.13	1.15	0.95	10.74	0.00	0.00
NO ₂ ⁻	628.6	644.3	1031.2	1159.4	361.6	349.6	532.7	590.5	1410.7	1302.9	154.2	166.4
CO ₂	733.5	456.9	1155.2	870.8	358.8	26.6	912.4	573.9	2161.6	2398.9	128.4	179.5
CH ₄	96.1	181.9	146.5	694.2	17.3	36.8	116.5	152.3	1023.5	688.1	2.4	10.0
N ₂ O	487.7	335.1	974.6	1023.7	205.1	16.6	381.8	260.6	874.0	951.3	66.6	92.6

L'anomalia dei nitrati nel fiume Oglio, all'altezza della fascia dei fontanili, prossima all'area del PIA, risulta quindi spiegata da un generalizzato eccesso di azoto, dalla permeabilità dei terreni e dal fenomeno di *irrigation loop*.

È difficile ipotizzare se e in quanto tempo la falda potrà scaricarsi dell'azoto in eccesso. È invece purtroppo prevedibile che, in assenza di modifiche sostanziali nelle pratiche antropiche maggiormente impattanti, la falda continuerà a captare nuovo azoto rischiando di aumentarne ancora di più le concentrazioni.

Occorre comunque rilevare che l'effettiva origine dell'azoto presente nei corpi idrici lombardi che captano da ampi bacini idrologici è tuttavia una questione complessa e controversa: ovvero quanta parte di azoto provenga da effluenti di allevamento, quanta da concimazione minerale e quanta da carico antropico e depuratori. In tal senso, ha contribuito a fare un po' di chiarezza uno studio pubblicato da ISPRA nel 2015 (14)



Sopra: fig. 6.11 tratta da studio (14).

Attraverso una caratterizzazione isotopica dell'azoto rinvenuto nei corpi idrici, è stato possibile differenziarne l'origine tra civile (CIV), minerale (MIN), zootecnica (ZOO) e intrinseca nel suolo (Nsuo).

Una delle stazioni di rilevamento ricade nel PIA (Isso), mentre altre vicine sono Martinengo, Lurano e

Pagazzano (a nord ovest) e Trigolo e Annico (a sud). Sia a Isso, che a Martinengo, Trigolo e Annico l'origine prevalente dell'azoto rilevato è zootecnica; per Lurano e, in minor misura anche per Pagazzano, l'origine prevalente diviene la concimazione minerale, in coerenza con la relativa vicinanza dei poli di produzione orticola quarta gamma che caratterizzano questa parte di pianura bergamasca.

8	1 Pozzo in Cortenuova (BG) PO0160830R0001		Forte inquinamento da nitrati
	1 Pozzo Martinengo (BG) PO0161330R0158		Necessità di approfondimento fonte inquinamento (probabilmente zootecnica)
	1 Pozzo in Isso (BG) PO0161220R0519		
9	1 Pozzo in Lurano (BG) PO0161290R0001		Conc. Nitrati in soglia di pericolo
	1 Pozzo in Pagazzano (BG) PO0161540R0001		Necessità di approfondimento indagine territoriale

Sopra: immagine tratta da studio (14): se nei pozzi rilevati a Martinengo e Lurano viene evidenziato un forte inquinamento da nitrati (indicato a Lurano come in soglia di pericolo), il pozzo di Isso (in area PIA) non viene evidenziato come critico.

Tuttavia le elevate concentrazioni di ione nitrico rilevate nei fontanili campionati e analizzati nell'ambito del PIA (tra 42 e 74 mg/L) in periodo estivo evidenziano una probabile contaminazione della falda, in accordo con l'ipotesi del fenomeno descritto per l'area e noto come *irrigation loop* (9).

IL COMPOSTAGGIO DI EFFLUENTI E DIGESTATI PER LA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI E PER UNA GESTIONE RAZIONALE DEI SOTTOPRODOTTI AGRICOLI

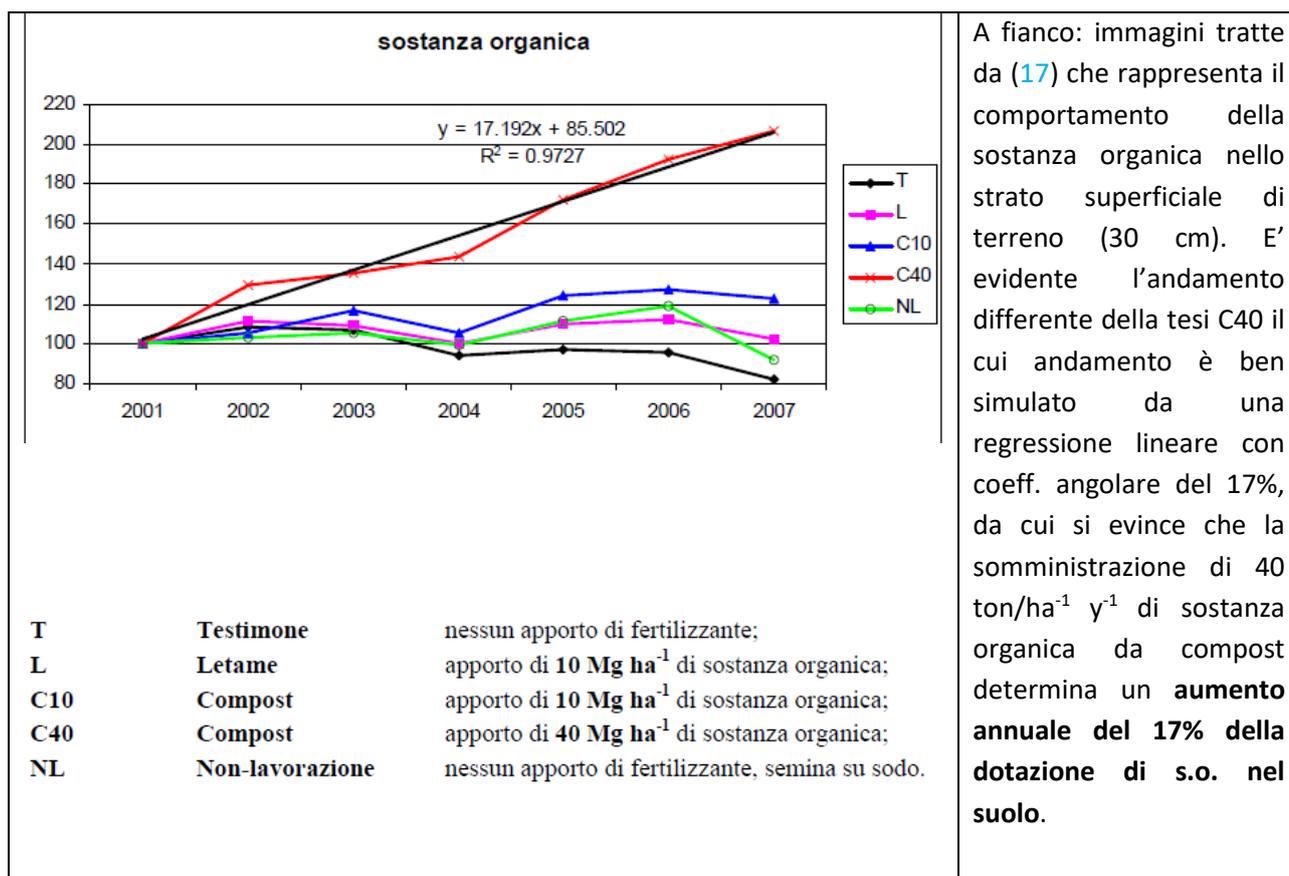
Il compostaggio di matrici organiche è una tecnica tanto antica quanto efficace per stabilizzare i rifiuti organici e restituire al suolo parte delle asportazioni colturali. Il processo di compostaggio avviene in condizioni aerobiche controllate, e permette di decomporre tramite attività microbica la sostanza organica permettendo di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione e quindi di capacità ammendante per l'elevata presenza di sostanze umiche (15). Il processo di compostaggio avviene normalmente in natura e fa parte dell'equilibrio di qualsiasi ecosistema terrestre. La differenza tra il processo naturale e quello artificiale condotto dall'uomo è che, nel secondo, i tempi vengono accelerati attraverso sistemi di aerazione controllata delle masse organiche che accelerano l'attività batterica di degradazione. Il processo tipicamente evolve attraverso due fasi:

- la fase termofila o fase attiva durante la quale una flora batterica specifica attacca e demolisce le molecole organiche più facilmente degradabili (zuccheri, acidi, organici, aminoacidi, ecc.); questo comporta un notevole consumo di ossigeno da un lato e dall'altro la liberazione di anidride carbonica e di energia sotto forma di calore. In questo modo la temperatura della massa in compostaggio sale sino a valori di 50-65°C, che persistono per tempi prolungati garantendo una pastorizzazione della massa organica e assicurando la devitalizzazione di agenti patogeni e dei semi delle erbe infestanti eventualmente presenti.

- fase di maturazione o umificazione la cui durata è correlata alla tipologia dei residui trattati e alla tecnologia produttiva (si va da un minimo di 1 mese sino a 2-3 mesi). Successivamente, nella fase di maturazione o umificazione, la degradazione procede con tempi più lunghi a carico delle molecole organiche più complesse e resistenti (cellulosa, lignina, ecc.) affiancata da processi di riorganizzazione e risintesi, che portano alla formazione di composti umidificati più o meno complessi e stabili. Il periodo di maturazione varia in funzione del tipo di prodotto desiderato; buoni risultati si ottengono già in due mesi circa.

La durata del processo controllato può variare molto in base alle matrici di partenza, alle condizioni climatiche e alle tecnologie impiegate, andando da un minimo di 1 mese fino 5-6 mesi.

L'efficacia dell'apporto di compost al suolo in termini di ricostituzione delle riserve di sostanza organica e della fertilità del suolo è nota da lungo tempo e ampiamente riconfermata anche da studi recenti, quali ad esempio quelli condotti da CRPA in Emilia-Romagna nell'ambito del progetto sperimentale "Sostanza organica nei terreni" che ha visto lo sviluppo di sei anni (2001-2007) di prove sperimentali (16). In particolare, sono stati messi a confronto gli effetti nei suoli agricoli di apporti di sostanza organica provenienti da matrici organiche compostate e letami e gli effetti del compost in termini di arricchimento dei suoli di sostanza organica stabile sono di gran lunga maggiori rispetto ai letami.



L'effetto di aumento di sostanza organica nei suoli a seguito di applicazione costante di compost deriva sia dall'apporto diretto della s.o. contenuta nel compost sia dall'effetto indiretto di aumento della capacità del

suolo di sequestrare attivamente CO₂, migliorando le prestazioni del suolo come *carbon sink*. Secondo una stima pubblicata da CIC (15) l'applicazione di 30 t/ettaro anno di compost (t.q.) per 10 anni, porta a un sequestro di CO₂ che si attesta tra le 23 e le 39 t/ettaro di CO₂. L'apporto costante di compost al suolo risulta quindi in grado di innescare un processo virtuoso di ripristino e arricchimento dello stock di carbonio al suolo.

L'utilizzo del compost anziché del letame come ammendante organico, oltre a presentare una maggiore efficienza nell'incrementare la dotazione di s.o. dei suoli, presenta anche altri vantaggi quali:

- maggiore sicurezza igienico-sanitaria per via del processo di pastorizzazione che avviene durante la fase termofila del processo di compostaggio;
- una maggiore facilità di trasporto e una migliore standardizzazione del prodotto, che ne favoriscono le possibilità di commercializzazione anche all'esterno del comprensorio di produzione;
- **un forte abbattimento dell'azoto a partire dalle matrici originarie che si registra durante il processo di compostaggio.**

Proprio quest'ultima caratteristica rende il processo di compostaggio una tecnica di particolare interesse per applicazioni su effluenti e digestati con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale del comparto zootecnico.

Il compost può essere prodotto da una moltitudine di matrici organiche.

In Italia la produzione e la commercializzazione del compost è regolata dal Decreto Legislativo n. 75/2010 (e s.m.), che definisce **tre categorie di Ammendante Compostato** in base alle matrici utilizzate per produrlo:

- **Ammendante Compostato Verde (ACV)** che può essere prodotto a partire da: scarti di manutenzione del verde ornamentale (es. sfalci d'erba, ramaglie, potature), sanse vergini (disoleate o meno) o esauste, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale.
- **Ammendante Compostato Misto (ACM)** che, oltre alle matrici dell'ACV può provenire anche da frazione organica dei rifiuti urbani proveniente da raccolta differenziata (es. rifiuto alimentare di cucine e mense), digestato da trattamento anaerobico (con esclusione di quello proveniente dal trattamento di rifiuto indifferenziato), rifiuti di origine animale, compresi liquami zootecnici, rifiuti di attività agroindustriali, rifiuti provenienti da lavorazione del legno non trattato, rifiuti provenienti da lavorazione del tessile naturale non trattato.
- **Ammendante Compostato con Fanghi (ACF)** che, oltre alle matrici dell'ACM può provenire anche da reflui e fanghi di origine civile.

In Italia la filiera del compost ha preso il via intorno agli anni '80-'90, partendo dalla necessità di riciclare la frazione organica dei rifiuti civili. È in quel periodo che nasce il C.I.C. (Consorzio Italiano Compostatori), proprio con l'idea di aggregare i produttori e rilanciare il metodo, con la finalità di promuovere la diffusione di pratiche di sostenibilità e circolarità nella gestione dei rifiuti, oltre che di organizzare un mercato e una filiera.

L'applicazione in azienda agricola di metodi di compostaggio su effluenti arriva con una decina di anni di ritardo. Tuttavia, le esigenze sempre più impellenti di ripristinare la dotazione di sostanza organica nei suoli e insieme di ridurre la produzione di azoto al campo per cercare di rimanere nei limiti della Direttiva Nitrati, aumentano l'interesse per il recupero di questa antica ma efficacissima pratica.

Nel 2001 il CRPA (Centro Ricerche Produzioni Animali) di Reggio Emilia pubblica un articolo intitolato “*Il compostaggio può ridurre gli effluenti in eccesso – una tecnica che può dare buone risposte anche per produrre un ammendante utile per riportare sostanza organica nei terreni più carenti*” (18) nel quale il metodo viene proposto per un’applicazione in azienda agricola, anche prevedendo lo stoccaggio dei cumuli in andane coperte da tetterie, provvedendo al rivoltamento periodico, anche con semplici mezzi aziendali.

Tab. 1 – Effluenti zootecnici avviabili a compostaggio.

- Letame bovino a elevato contenuto di paglia, compostabile tal quale o addirittura con l’aggiunta periodica di liquami
- Letame bovino povero di lettiera, compostabile solo in miscela con materiali strutturali a base lignocellulosica
- Frazione solida degli effluenti bovini, ottenuta per separazione meccanica, trattabile senza l’aggiunta di coadiuvanti strutturali; è necessaria la dotazione, a livello di singola azienda o di impianto centralizzato, di idonee attrezzature come separatori cilindrici rotanti o a compressione elicoidale
- Letame suino, compostabile tal quale o integrato con materiali strutturali in limitate quantità
- Frazione solida degli effluenti suinicoli, ottenuta per vagliatura o, meglio, per centrifugazione, compostabile previa integrazione con una certa quantità di coadiuvanti lignocellulosici (non meno del 20% in peso)
- Pollina pre-disidratata, proveniente da allevamenti avicoli in gabbie (ovaiole) dotati di sistemi di ventilazione, compostabile in miscela a residui lignocellulosici
- Pollina a elevato contenuto di umidità, proveniente da allevamenti tradizionali, miscelata con elevate dosi di materiali strutturali asciutti
- Lettiera di polli da carne (broilers), compostabile tal quale o integrata con materiali strutturali in limitate quantità
- Fanghi della depurazione di liquami suinicoli o bovini (trattamento aerobico e/o digestione anaerobica), preventivamente disidratati mediante centrifuga o nastropressa, compostabili in miscela a residui lignocellulosici
- Deiezioni ovine, caprine, equine e di coniglio, trattabili previa aggiunta di coadiuvanti in misura diversa a seconda dell’umidità che li caratterizza
- Liquami suinicoli e bovini, utilizzabili nei sistemi di compostaggio di soli scarti vegetali ad alto tenore di sostanza secca mediante loro graduale aggiunta alle masse in trasformazione in luogo dell’acqua usualmente impiegata per reintegrare il deficit idrico tipico di questi processi, specie nella stagione estiva

A fianco: immagine tratta da (18)

Elenco degli effluenti zootecnici avviabili a compostaggio.

Nel frattempo, nel comparto agricolo si diffonde rapidamente la tecnologia della biodigestione anaerobica, spinta soprattutto dalla forte incentivazione collegata alla cogenerazione di energia elettrica dagli impianti di biogas aziendali. Tuttavia questa tecnologia, benché utile a produrre energia elettrica e ad aumentare la redditività delle aziende agricole grazie alle politiche incentivanti, non è di particolare aiuto rispetto alle problematiche più propriamente agricole legate al ripristino della sostanza organica nei suoli e alla riduzione dell’impatto da nitrati. Infatti i processi di biodigestione lasciano di fatto immutato il quantitativo e la chimica dell’azoto presente nelle matrici di partenza, così come la massa e il volume. Appare quindi chiaro che al biogas debba essere abbinato un sistema di riduzione dell’azoto, oltre che di massa o volume. Tra i vari metodi possibili, il compostaggio presenta l’immenso vantaggio di essere una tecnica relativamente semplice e quindi praticabile anche in azienda agricola.

Il progetto RiduCaReflui finanziato dalla Regione Veneto con D.G.R. 4031 del 30/12/2008 mira a studiare e proporre strategie per la riduzione del carico inquinante generato da reflui zootecnici nell’area del bacino scolante della laguna veneta (20). Tra le tecniche e strategie individuate rientra il compostaggio a valle di impianti di biodigestione anaerobica.

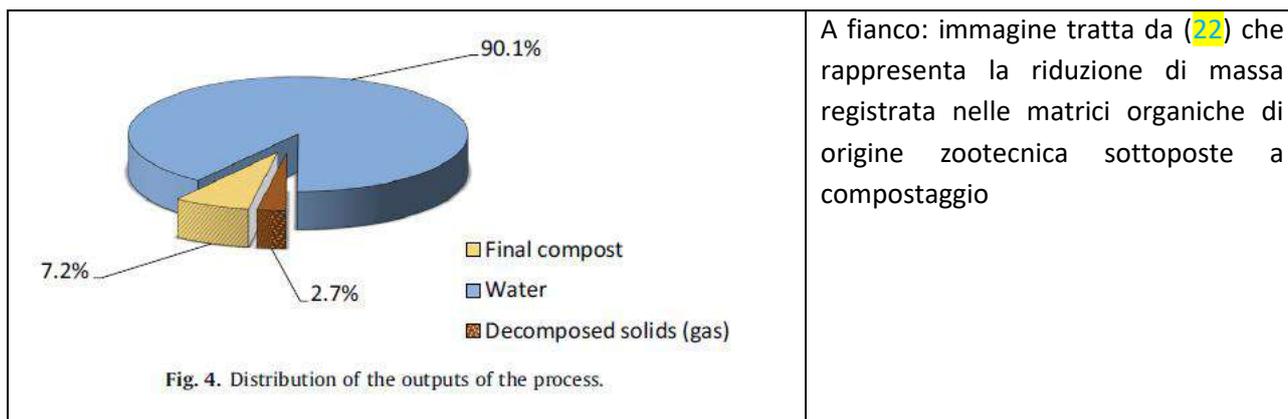
Nel frattempo vengono condotti ulteriori studi su questa tecnica che chiariscono meglio alcuni aspetti biochimici del processo, quantificando la riduzione di massa delle matrici e dell'azoto.

Nel 2011 viene pubblicata su giornale di settore una sintesi di alcune delle ricerche svolte nel progetto RiduCaReflui nella quale vengono riportati i risultati di analisi e approfondimenti condotti su quattro impianti automatizzati di compostaggio operanti su liquami e/o digestati bovini e suini. Tra gli impianti oggetto di studio e monitoraggio analitico vi è quello di Castel Gabbiano dell'azienda Spring Farm (Partner n. 28 del PIA) (21).

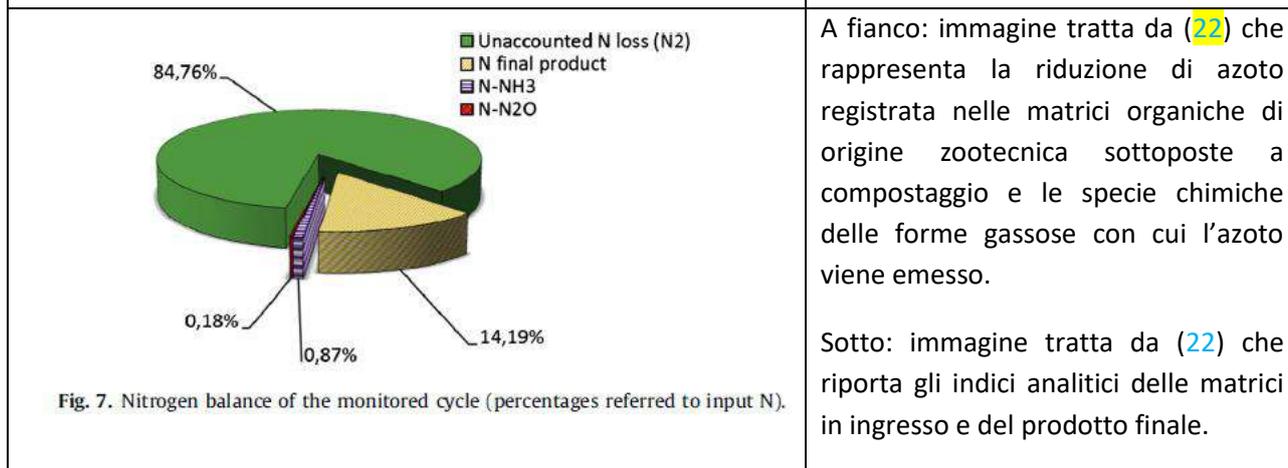
	<p>A fianco: immagine tratta da (21) che riporta l'impianto automatizzato per il compostaggio di effluenti e digestati attivo presso azienda agricola Spring Farm di Bianchessi a Castel Gabbiano (Partner n. 28 del PIA).</p>
<p>▼ L'impianto di Castel Gabbiano operante su digestato da deiezioni bovine e biomasse vegetali (foto: A. Chiumenti).</p>	

Nel 2015 lo stesso studio viene presentato alla comunità scientifica attraverso una pubblicazione su Waste Management, edito da Elsevier (22).

I risultati riportano una riduzione della massa compostata tra l'80 e il 90 % e una riduzione di azoto sempre superiore al 60%, con punte del 75%, rispetto alle matrici di partenza. La perdita di massa è soprattutto dovuta alla evaporazione dell'acqua e, in minor misura, a processi ossidativi. Viene inoltre dimostrato che la perdita di azoto osservata avviene a seguito di processi batterici di completa nitrificazione e denitrificazione, con emissione di azoto gassoso in forma molecolare N_2 , non in forma di NH_4 o NO_2 . Questo dato è confermato sia dalle analisi chimiche condotte nei pressi delle masse durante il processo di compostaggio sia dalla caratterizzazione delle specie di microrganismi presenti sulle matrici nelle varie fasi del processo ed risulta in accordo con diverse altre evidenze internazionali, tra cui quelle che dimostrano che nelle attività biologiche di nitrificazione-denitrificazione sono coinvolti diversi microrganismi tra cui batteri (Anammox) oltre a Eukarya, Archea e funghi (23)(24)(25)(26).



A fianco: immagine tratta da (22) che rappresenta la riduzione di massa registrata nelle matrici organiche di origine zootecnica sottoposte a compostaggio



A fianco: immagine tratta da (22) che rappresenta la riduzione di azoto registrata nelle matrici organiche di origine zootecnica sottoposte a compostaggio e le specie chimiche delle forme gassose con cui l'azoto viene emesso.

Sotto: immagine tratta da (22) che riporta gli indici analitici delle matrici in ingresso e del prodotto finale.

Table 1
Characteristics of input and output products (fresh weight basis, except for VS).

	TS %	VS % TS	pH	TKN g/kg	N org g/kg	NH ₄ g/kg	NO ₂ g/kg	NO ₃ g/kg	C org g/kg	C/N	HI
Swine manure	1.1	49.8	8.4	2.6	0.8	1.8	0	0	3.2	1.2	n.d.
Straw	78.0	93.6	n.d.	4.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	423.5	96.3	n.d.
Saw dust	66.2	94.0	n.d.	6.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	361.0	52.3	n.d.
Final product	24.5	81.1	8.3	5.6	5.0	0.6	0	0	115.3	21.0	0.27

In accordo con le analisi di cui sopra, anche il monitoraggio odorigeno ha escluso l'emissione di odori molesti dal processo di compostaggio, anche durante le fasi di immissione di parte dell'effluente liquido. Le analisi con olfattometro dinamico hanno infatti evidenziato sugli impianti a riposo valori pari a 30 UO/m³, che raggiungono i 100 UO/m³ durante le fasi di caricamento del liquame, entrambi livelli considerati inferiori alla soglia di "odore significativo" (21)(22), questo in accordo con il fatto che le emissioni gassose provenienti dagli impianti siano specie chimiche prive di impatto ambientale o odorigeno. Valori nettamente maggiori sono rilevabili nelle aziende agricole interessate nei pressi delle vasche di stoccaggio (21)(22).

Viene inoltre evidenziata l'elevata stabilità e qualità del compost prodotto dagli impianti oggetto di studio, ricco di sostanze umiche e con azoto quasi interamente organicato in forme stabili, quindi a lento rilascio e non dilavabile (21)(22).

Il compostaggio applicato nelle aziende agricole come metodo di gestione e valorizzazione del compost risulta quindi presentare molteplici ed evidenti vantaggi, ambientali, agronomici e organizzativi:

- Considerevole riduzione della massa di effluenti o digestati da gestire (con vantaggi sui volumi di stoccaggio)
- Considerevole riduzione dell'azoto al campo, per effetto della riduzione di azoto che si registra nel processo di compostaggio (con vantaggi anche di ordine pratico ed economico riferiti al rispetto delle soglie della Direttiva Nitrati)
- Produzione di un materiale di elevata qualità e potere ammendante grazie alla ricchezza di composti umici e alla presenza di azoto quasi completamente in forma organica e quindi non dilavabile, ma a lento rilascio (con vantaggi agronomici e ambientali legati al ripristino e conservazione di sostanza organica stabile al suolo)

In considerazione dei vantaggi sopra sintetizzati, portati alla luce inizialmente dalle esperienze di CRPA di Reggio Emilia e del progetto RiduCaReflui di Veneto Agricoltura, a partire dal 2010 cominciano ad aumentare l'attenzione del mondo tecnico e scientifico alle applicazioni del compostaggio come metodo integrato nell'allevamento e nella gestione dei biogas. Aumenta inoltre l'interesse all'utilizzo del compost come ammendante e fertilizzante organico, ritenuto per molti versi preferibile anche allo stesso letame (17)(18)(19) e di gran lunga preferibile ai digestati (28).

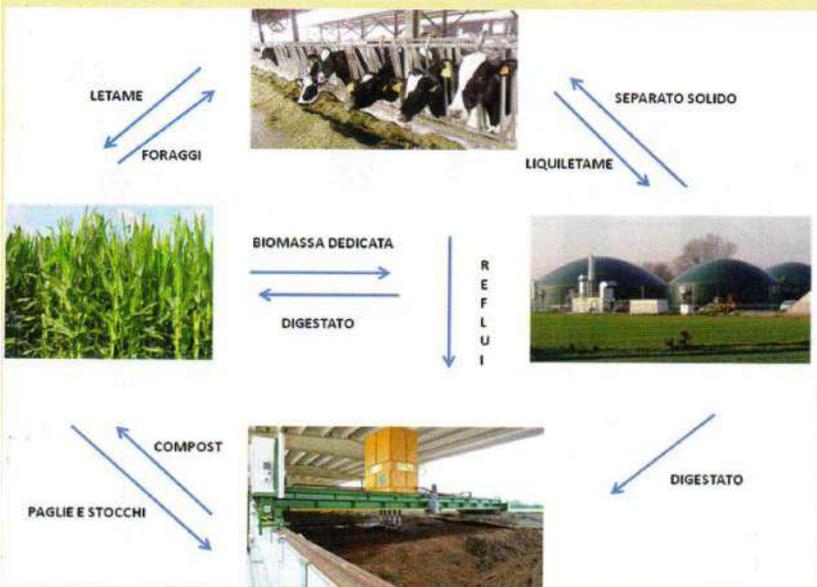
Nel 2012 viene pubblicato su *Bianconero* (periodico mensile dell'Associazione Nazionale Allevatori Frisone Italiana) un articolo di Frazzi e Calegari (Università Cattolica di Piacenza, Sezione di Ingegneria Agro-ambientale) intitolato "*L'ecosostenibilità della stalla da latte*" (27) nel quale viene evidenziato come l'eliminazione delle lettiere nella pratica di allevamento, con l'adozione di sistemi idraulico-meccanici per la raccolta e il trasporto delle deiezioni, renda il problema reflui di particolare gravità e complessità, provocando di fatto un bilancio negativo di humus e carbonio nell'azienda agricola, che risulta ulteriormente aggravato in presenza di biogas. Insomma, dimostra come in questo caso l'aspetto ambientale sia in conflitto con quello organizzativo e di igiene animale. **La chiave proposta per migliorare l'eco-sostenibilità della stalla da latte è un sistema che integri il compostaggio dell'effluente e dei digestati** aziendali con apporto di materiali legno-cellulosici, secondo lo schema sotto rappresentato.

Anche gli **aspetti economici e organizzativi** vengono indagati e in un lavoro di Frazzi (Università Cattolica di Piacenza) pubblicato nel 2009 su *l'Informatore Agrario* a seguito di uno studio applicato su allevamento di suini (29), vengono pubblicate le seguenti stime: il compostaggio dei liquami suinicoli è di 3,6 €/t di liquame contro i 7,5 €/t dello smaltimento in forma liquida e i 4,37 €/t della digestione anaerobica. Il costo riferito alla tonnellata di compost (al 50% di umidità) è pari a 35 €/t. Se si considera che il valore commerciale del compost con caratteristiche quali quelle ottenibili dagli impianti operanti in aziende agricole si attesta intorno a 45-50 €/t, ne emerge un certo margine di guadagno che può rendere l'operazione di interesse economico per l'azienda agricola. Viene inoltre evidenziato, tra i vantaggi, che la tecnica, interamente automatizzabile, è semplice da gestire in azienda e che inoltre il compost si presta a trasferimento e diffusione in aree meno specializzate dal punto di vista zootecnico, favorendo così l'uscita di azoto da aree vulnerabili ai nitrati a elevata densità zootecnica, riaccoppiando finalmente la produzione vegetale a quella di ammendante derivante da metabolismo animale.

Anche i dati pubblicati da CIC (Consorzio Italiano Compostatori) nel 2021 riportano un valore sul mercato del compost che si assesta tra i 5 e i 15 €/t (15).

FIGURA 3

Schema di un centro zootecnico per il trattamento integrato delle biomasse. Vi è una relazione molto stretta nello scambio di biomassa fra i quattro soggetti fondamentali: stalla, coltivazioni, digestore anaerobico e impianto di compostaggio. La copresenza di entrambe le strutture di trattamento dei reflui (Biodigestore e impianto di compostaggio) permette, a seconda della natura dei materiali disponibili, di ottimizzare i processi di trasformazione a carico delle biomasse e la loro piena valorizzazione dal punto di vista energetico, agronomico e ambientale.

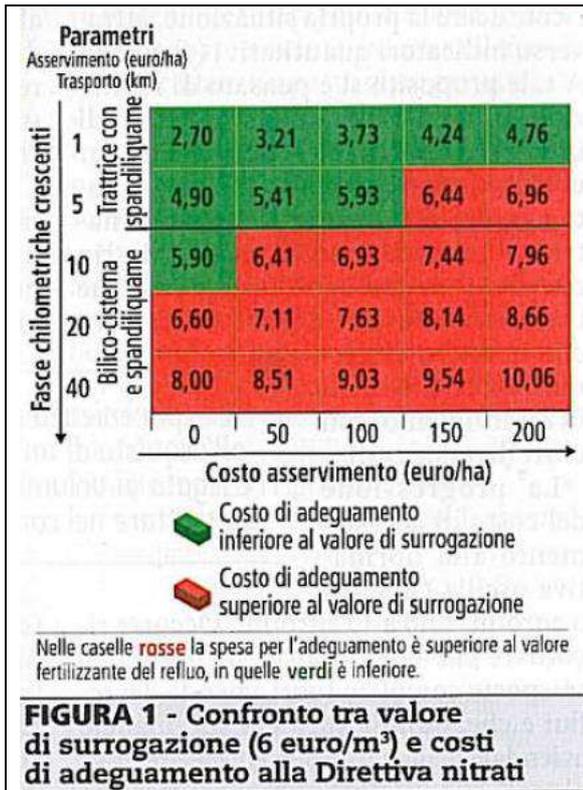


A fianco: immagine tratta da (27) che rappresenta uno schema di gestione aziendale della stalla in cui il compostaggio viene integrato nel sistema a valle del biogas e delle operazioni di stalla.

Secondo gli autori è questa la chiave per ripristinare l'ecosostenibilità della stalla da latte, venuta meno a seguito dei moderni criteri di gestione degli animali e degli effluenti.

La separazione delle frazioni solida e liquida non è fondamentale l'applicazione di tecniche di compostaggio di effluenti e digestati, in quanto anche la frazione liquida può essere compostata se viene aggiunta un'adeguata quantità di matrici adsorbenti (paglie, stocchi, segatura di legno o simili) (29). Tuttavia la possibilità di separare le frazioni è senz'altro utile nella gestione di effluenti e digestati (30) e aiuta a produrre compost, almeno a partire dalla frazione solida, anche nelle situazioni in cui matrici adsorbenti siano scarsamente disponibili.

Gli aspetti economici relativi alla pratica di separare le frazioni solida di effluenti o digestati è trattata in una pubblicazione de L'Informatore Agrario (31) nella quale l'autore stima che la soglia di convenienza economica per lo spandimento di liquame cessi tra 5 e 10 km di distanza. Per contro, la soglia di convenienza economica per l'installazione di impianto di separazione, in uno scenario di riutilizzazione diretta del separato in terreni aziendali (entro distanze inferiori a 10 km) risulta attestarsi intorno a una produzione media annua di 15.000 mc di separato; in caso, invece di cessione del separato solido a terzi, senza costi di trasporto, la soglia scende a 6.800 mc/anno; infine, nello scenario di vendita del separato solido, la soglia scende ulteriormente a 3.250 mc/anno. Se da un lato la separazione delle frazioni comporti un costo per l'installazione dell'impianto e costi ordinari di gestione e manutenzione, derivano numerosi vantaggi dal fatto che buona parte dell'azoto rimane nella frazione solida (30), che può essere facilmente trattata con compostaggio che ne abbatta il contenuto in azoto, oppure più facilmente ceduta.



Sopra: immagine tratta da (31) che rappresenta le soglie di convenienza economica per lo spandimento dei liquami in relazione alla distanza e al tipo di mezzo utilizzato

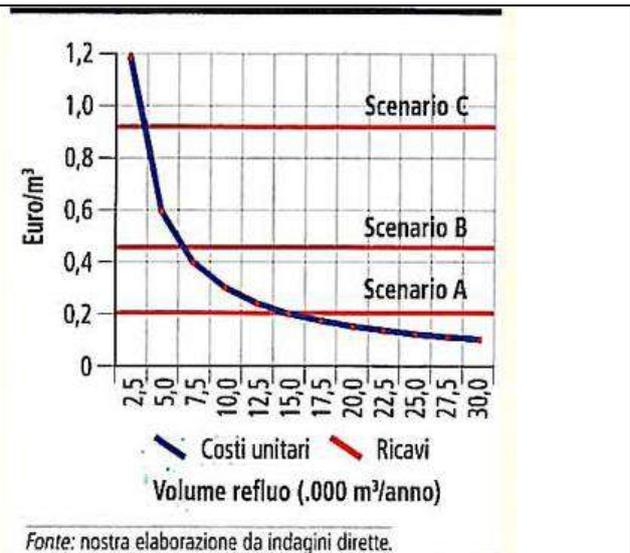


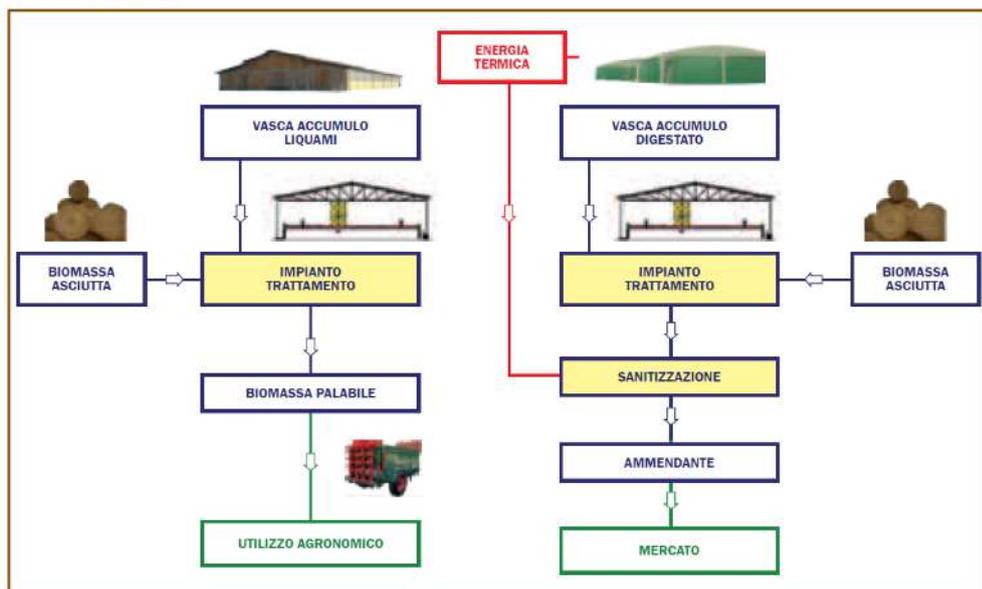
GRAFICO A - Convenienza dell'installazione dell'impianto di separazione in relazione ai ricavi ipotizzati

La soglia di convenienza è definita dal punto di incontro tra la retta dei ricavi e la curva dei costi unitari.

Sopra: immagine tratta da (31) che rappresenta le soglie di convenienza economica secondo 3 scenari: A) utilizzo separato solido nei campi aziendali; B) cessione separato solido a terzi senza costi di trasporto; C) Vendita di separato solido

All'interno del progetto RiduCaReflui, una delle azioni è stata incentrata su una disamina critica delle BAT (Best Available Technologies) per l'abbattimento dell'azoto (32). Tra queste, nel capitolo riguardante i sistemi biologici, viene trattata anche la tecnologia con impianto di compostaggio automatizzato per il trattamento di effluenti e digestati aziendali.

Schema grafico



A fianco e sotto: immagini tratte da (32) raffiguranti lo schema di processo aziendale e l'analisi critica del sistema che integra con il trattamento di stabilizzazione organica delle biomasse da reflui e/o digestati con compostaggio.

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> ● Elevati livelli di abbattimento di azoto ● Riduzione dei volumi nell'ordine dell'80% ● Bassi consumi energetici ● Ridottissime emissioni di inquinanti e di cattivi odori ● Possibilità di inserire la tecnologia a valle di un impianto di digestione anaerobica, trasformando il digestato liquido in materiale palabile 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reperimento della biomassa

Considerazioni finali

Il processo di trasformazione dei liquami in materiale palabile si presta al trattamento di effluenti liquidi (liquami suini o bovini e digestato ottenuto negli impianti biogas), che vengono distribuiti su matrici organiche a basso contenuto di umidità (paglia e stocchi trinciati, trucioli di legno, segatura, etc). Tale processo si rivela interessante per gli alti livelli di abbattimento dell'azoto e dei volumi; si caratterizza per i limitati costi di gestione e per i notevoli risparmi sullo spandimento degli effluenti non palabili.

Con la fase successiva dell'essiccazione/igienizzazione del prodotto ottenuto la tecnologia offre la possibilità di produrre ammendante da immettere sul mercato eliminando ogni fase di utilizzo agronomico diretto da parte dell'azienda. Per questa opzione tecnologica occorre la disponibilità di energia termica garantita dagli impianti biogas e sufficiente a trattare tutto il digestato reso palabile dall'impianto CLF MODIL anche nel caso di alimentazione dei digestori con elevate percentuali di EA.

In conclusione, sia la letteratura scientifica che una moltitudine di dati provenienti da esperienze di livello nazionale e internazionale mettono in luce che l'applicazione del compostaggio a effluenti e digestati in aziende agricole sia una valida e promettente strategia, con effetti virtuosi per la riduzione degli impatti ambientali del settore zootecnico e per migliorare e conservare la sostanza organica nei suoli. Vengono inoltre evidenziati anche vantaggi economici dell'applicazione del processo, che ne rendono interessante l'applicazione anche in considerazione degli elevati costi di installazione.

Sebbene le evidenze tecnico-scientifiche e le analisi di ordine economico-estimativo evidenzino fortemente la validità e i vantaggi, anche aziendali, di questa strategia, la diffusione del compostaggio come metodo integrato nei sistemi di produzione aziendale tarda ad affermarsi e rimane una realtà sporadica.

Le ragioni di queste difficoltà di concretizzazione di un sistema che pare tanto promettente e conveniente sono complesse e probabilmente di ordine sociologico oltre che economico. A partire dagli ultimi decenni le logiche che dominano il settore agricolo risentono fortemente degli effetti di “sconfinamento” di attività industriali ed energetiche più che agricole, e il settore si è abituato a forme incentivanti molto forti che ne hanno di fatto condizionato il destino, come quelle riguardanti il biogas con produzione di energia elettrica. Al di là dei vantaggi agronomici e organizzativi offerti dalla tecnologia del biogas, questa non si sarebbe probabilmente tanto diffusa in ambito agricolo senza la forte spinta delle incentivazioni economiche che hanno attirato investitori da fuori settore, come ora accade per biometano o agrivoltaico.

Sempre nella disamina critica sulle filiere e tecnologie condotta nel corso del progetto RidCaReflui (32), vengono svolte considerazioni sui possibili modelli applicativi di strategie e filiere per l'abbattimento dell'azoto e vengono individuati 3 possibili modelli di filiera, di seguito indicati.

A) Modello della destinazione agricola diretta

Il modello della destinazione agronomica diretta coinvolge allevatori la cui produzione di EA (Effluenti di Allevamento) è superiore alle capacità di assorbimento delle superfici agrarie disponibili al loro spandimento e che si organizzano al fine di adeguare tale disponibilità. L' adeguamento viene realizzato attraverso contratti aziendali di asservimento, ovvero contratti stipulati dalla struttura associativa di appartenenza al fine di ottimizzare l' utilizzo agronomico distrettuale degli EA. Sono associativi caratterizzati da investimenti modesti, sia nella struttura organizzativa che nelle realizzazioni impiantistiche e strutturali.

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> ● Valorizzazione agronomica degli EA ● Semplicità del modello organizzativo ● Semplicità delle tecnologie applicate ● Costi strutturali e di gestione bassi 	<ul style="list-style-type: none"> ● Necessità di una propensione associativa e di una <i>leadership</i> riconosciuta da parte degli allevatori ● Necessità di SAU sufficienti alla corretta distribuzione degli EA prodotti in un raggio territoriale compatibile con i costi di trasporto ● Esigenza di fare ricorso a processi di depurazione/smaltimento laddove la SAU disponibile per lo spandimento rimanga insufficiente
Opportunità	Minacce
<ul style="list-style-type: none"> ● Ottimizzazione distrettuale nella valorizzazione agronomica degli EA ● Diminuzione dei costi aziendali di gestione degli EA attraverso lo sfruttamento di economie di scala ● Sviluppo di sinergie collaborative tra allevatori e agricoltori 	<ul style="list-style-type: none"> ● Possibili complicazioni legate all'incremento del traffico su strada per lo spostamento degli EA

B) Modello di trattamento extra-aziendale

Il modello del trattamento extra-aziendale finalizzato alla produzione di energia elettrica e/o di fertilizzanti o alla riduzione dell'azoto coinvolge imprese nelle quali i processi di produzione dell'EA e relativa trasformazione sono disgiunti, essendo questi ultimi gestiti da strutture esterne all'azienda zootecnica. Agli allevatori non sono richiesti particolari investimenti né capacità aggregativa, in quanto il processo è esternalizzato e affidato a soggetti terzi definiti da investitori (solitamente extra-settore).

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> ● Possibilità di valorizzazione energetica degli EA ● Possibilità di valorizzazione agronomica degli EA sia nelle aziende degli allevatori che in aziende terze ● Scarsa rilevanza del grado di propensione associativa espresso dagli allevatori 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dipendenza degli allevatori dalle imprese terze che si occupano del trattamento degli EA ● Esigenza di fare ricorso a processi di depurazione/smaltimento laddove lo sbocco commerciale finale del sottoprodotto sia insufficiente
Opportunità	Minacce
<ul style="list-style-type: none"> ● Alimentazione dei processi di produzione industriale di fertilizzanti ● Esternalizzazione, totale o parziale, della gestione degli EA dalle aziende zootecniche che li producono 	<ul style="list-style-type: none"> ● Possibili complicazioni legate all'incremento del traffico su strada per lo spostamento degli EA dalle aziende di origine all'impianto di trasformazione ● Possibili conflitti tra impiego orientato alla valorizzazione energetica e alla valorizzazione agronomica degli EA

C) Modello del trattamento aziendale

Il modello del trattamento aziendale finalizzato alla produzione di energia elettrica e/o di fertilizzanti o alla riduzione dell'azoto è, fra i tre qui prefigurati, il più impegnativo per gli allevatori, data la diretta connessione tra produzione e trasformazione degli EA che esso prevede. La sua realizzazione richiede infatti sia una solida propensione associativa tra le imprese coinvolte sia una loro disponibilità verso investimenti strutturali considerevoli.

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> ● Possibilità di valorizzazione energetica degli EA ● Possibilità di valorizzazione agronomica degli EA sia nelle aziende degli allevatori che in aziende terze ● Autonomia degli allevatori da imprese che si occupano del trattamento degli EA 	<ul style="list-style-type: none"> ● Forte esigenza di una propensione associativa da parte degli allevatori ● Esigenza di una cultura imprenditoriale mutuata dal settore industriale per la realizzazione e gestione degli impianti più complessi ● Possibile necessità di un impegno patrimoniale da parte dei soggetti coinvolti
Opportunità	Minacce
<ul style="list-style-type: none"> ● Integrazione dei redditi agricoli attraverso la gestione diretta dell'eventuale valorizzazione energetica degli EA 	<ul style="list-style-type: none"> ● Possibili conflitti tra impiego degli EA orientato alla valorizzazione energetica o alla valorizzazione agronomica

La sopra descritta visione proposta dal gruppo del progetto RiduCaReflui fornisce una chiave di lettura esplicitiva delle ragioni del ritardo nella concretizzazione di sistemi di compostaggio diffusi sul territorio. Seguendo questa lettura, la difficoltà sarebbe di filiera: la tecnologia impone infatti la necessità di investimenti di avvio consistenti, che escludono il modello A.

L'assenza di meccanismi incentivanti paragonabili a quelli esistenti per il settore energetico fanno sì che investitori esterni al settore primario, che potrebbero dare corso a modelli tipo B, spingano per altre direzioni (quali la produzione energetica) piuttosto che per sistemi capaci di limitare gli impatti ambientali del settore zootecnico (tematica rispetto alla quale non hanno interessi specifici).

Resta come possibile solo il modello C, benché rappresenti la forma più difficoltosa e, pertanto, poco diffusa.

IL PIA “AGRICOLTURA SOSTENIBILE E VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE NATURALI NELLA FASCIA DEI FONTANILI TRA OGLIO E SERIO”

All'interno di un quadro quale quello sopra descritto, nel 2018 Regione Lombardia indice uno dei bandi più ambiziosi e difficili della sua programmazione PSR 2014-2020, aprendo con l'operazione 16.10.02 la possibilità di cofinanziare partenariati pubblico-privati per la realizzazione di Piani Integrati d'Area (PIA).

La fascia dei fontanili tra Oglio e Serio è un ambito territoriale molto rappresentativo rispetto alle problematiche sopra descritte, in quanto è caratterizzato da elevatissima densità zootecnica e altrettanta elevata vulnerabilità ambientale, considerato che corrisponde alla fascia di risalita delle acque sotterranee. L'idea di aggregare pubbliche amministrazioni, privati cittadini e aziende agricole di quest'area per dare corso a operazioni congiunte e sinergiche per la riduzione degli impatti ambientali del settore agricolo e per la rivitalizzazione e valorizzazione del capitale naturale e storico dell'area riesce a trovare condizioni di attecchimento e così è nato il partenariato che ha proposto il PIA, approvato e finanziato da Regione Lombardia come PIA n. 5.

Elemento cardine rispetto agli obiettivi PIA di riduzione degli impatti ambientali delle aziende agricole, è stato il fatto che la già citata azienda agricola Spring Farm si trovi in quest'area, a Castel Gabbiano (CR) e che abbia aderito al PIA come partner di azione (Partner n. 28 del PIA), mettendo a disposizione del partenariato il proprio *know-how* e la propria esperienza, qualificata da diversi studi e pubblicazioni (20)(21)(22), nell'ambito del compostaggio di effluenti e digestati aziendali.

L'azienda Agricola Spring Farm ha infatti giocato un ruolo di “apripista”, installando già a partire dal 2009 un impianto di compostaggio automatizzato per la stabilizzazione organica di effluenti e digestati. L'impianto è stato oggetto di studi e approfondimenti svolti nell'ambito del progetto RiduCaReflui di VenetoAgricoltura, di pubblicazioni di livello nazionale (21) e internazionale (22) e di un monitoraggio interno, svolto a partire dal 2015, dal quale è stato riconfermato il bilancio di massa e di azoto indicato nelle citate pubblicazioni, l'assenza di emissioni di ammoniaca o di ossidi di azoto derivanti dal processo e la qualità del compost prodotto, per quantità di C organico di composti umificati e per la presenza di nutrienti di valore fertilizzante ma con azoto totalmente organico e quindi difficilmente dilavabile e sicuro ambientalmente.

Di particolare interesse il fatto che l'azienda Spring Farm operi già da oltre 10 anni producendo compost da propri effluenti e digestati e vendendolo soprattutto a operatori del settore ortofrutticolo; pur essendo già attiva in questa filiera e in questo mercato questa azienda vede l'estensione della produzione di compost ad altre aziende dell'area non come competizione ma come sinergia, in quanto riferisce di soffrire della necessità di creare una maggiore offerta di prodotto per meglio sviluppare un mercato di compost di alta qualità prodotto da matrici zootecniche e di gestirne le dinamiche.

All'interno del partenariato alcune delle aziende agricole hanno partecipato proponendo interventi strutturali e impiantistici finalizzati a integrare nei propri procedimenti aziendali il compostaggio di effluenti e digestati della propria azienda e di altre partner del PIA, sul modello concretamente offerto dal partner n. 28.

Il PIA, pur limitato a dimensioni ininfluenti rispetto ai dati quantitativi del problema territoriale (vd. PARTE 3), rappresenta un'esperienza di elevato valore simbolico in quanto si pone come una prima esperienza di aggregazione di filiera, sul tipo del modello C indicato dal progetto RiduCaReflui (32).

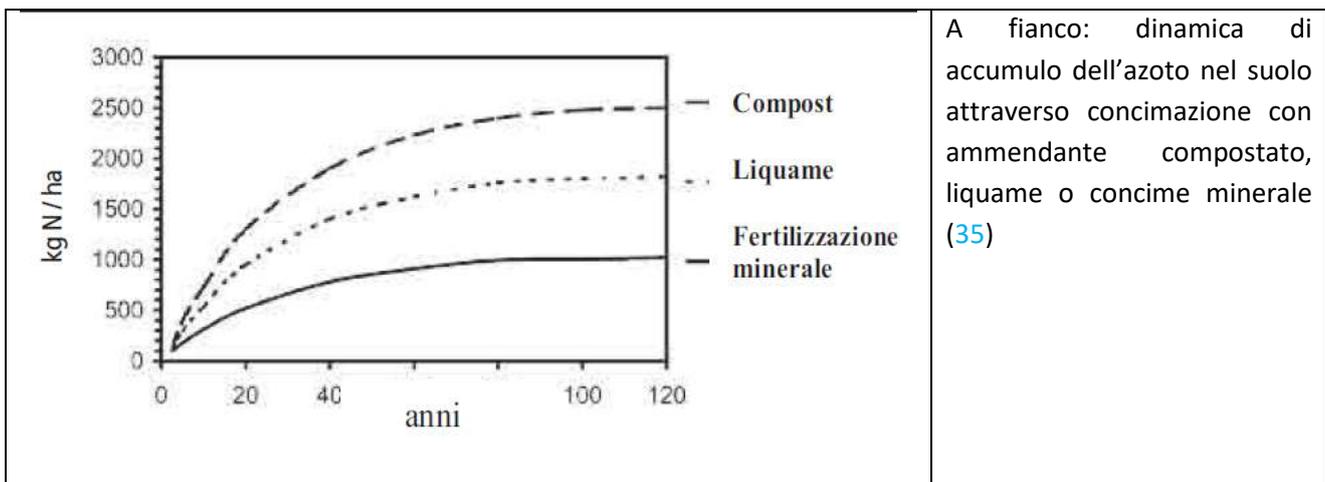
L'UTILIZZO DEL COMPOST COME AMMENDANTE E FERTILIZZANTE – ASPETTI TECNICI e APPLICAZIONE AL PIA

L'utilizzo dell'ammendante compostato in agricoltura così come in floro-vivaismo presenta un'ampia serie di vantaggi confermati da ampia letteratura.

L'aumento di sostanza organica nei suoli, a seguito di utilizzo di compost nei suoli agricoli, è stato dimostrato da diverse fonti (17) e dalla pratica (dati inediti azienda partner PIA). Tra i vari ammendanti organici il compost dimostra di essere il più efficace in tal senso, anche più del letame: come già detto sopra, prove effettuate su un arco temporale di 6 anni dal CRPA dimostrano che piani di concimazione con apporto di 40 t/ha anno di compost si esprimono in aumenti di sostanza di circa il 17% annuo, di molto migliore del letame, portando il tenore di s.o. nel suolo trattato per 6 anni (2001-2007) da 2% a oltre il 4%. La tesi in cui sono state utilizzate 10 t/ha anno di è rivelata comunque migliore del letame e ha portato un aumento di s.o. da 2% a 2,6% circa nel corso dei 6 anni di trattamento.

Il carbonio organico fornito dal compost viene in parte mineralizzato e in parte convertito nelle frazioni più stabili (acidi umici e fulvici): è proprio l'accumulo di queste frazioni più stabili che genera l'aumento del tenore di carbonio organico nel suolo anche a lungo termine, come dimostrato da applicazione di un modello previsionale utilizzato da Amlinger & al. (33) e riconfermato in campo da Favonio e Hogg nel 2008 (34).

Anche il contenuto di azoto nel suolo cresce in modo proporzionale alla sostanza organica, nei terreni trattati con compost nel medio e lungo periodo (17) (35).



I risultati dimostrano che l'impiego di ammendanti compostati, anche nel lungo periodo, consente di incrementare il contenuto in azoto non lisciviabile in modo più marcato rispetto ad altre fonti.

Ulteriori studi hanno quantificato il rilascio di azoto, in situazioni pedoclimatiche ed agronomiche differenti. In particolare uno studio commissionato dal Lebensministerium (Ministero austriaco dell'agricoltura, foreste, ambiente, gestione delle acque) ha individuato le percentuali di rilascio di azoto da ammendante compostato di seguito indicate:

- fino all'8% dell'azoto totale fornito dal compost nei primi 2 anni;
- 3-5% dell'azoto totale fornito dal compost dal terzo anno in poi.

A livello normativo il Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit –LNV (Ministero olandese per l'agricoltura, la natura e la qualità alimentare) ha emanato nel 2006 delle linee guida per la determinazione della quantità di azoto distribuito in funzione delle differenti tipologie di ammendanti e fertilizzanti impiegati. In particolare ha individuato dei fattori di conversione per calcolare la quantità di azoto prontamente disponibile nel caso di letami e ammendanti organici. Per quanto riguarda gli ammendanti compostati, è definito un coefficiente di azoto efficace pari al 10%.

Tutto questo conferma da un lato il potenziale interesse del compost anche come fertilizzante, oltre che come ammendante, e dall'altro mette in guardia rispetto a un sovra-utilizzo di compost, che non è comunque del tutto privo da azoto prontamente utilizzabile.

Prove sperimentali con dosi crescenti di compost in sistemi orticoli sotto serra e in pien'aria, hanno dimostrato che dosi di compost tra 10 e 20 t/ha come sostanza secca consentono di centrare l'obiettivo con un coefficiente di conversione del C apportato in C nel suolo tra 20 e 25%, più alto di quanto ottenibile con dosi maggiori di compost. La mineralizzazione dell'N apportato con il compost è bassa (max 10%) nei primi anni di ammendamento per raggiungere anche il 20 % dal 3° anno in poi. Il rilascio di N minerale in un suolo ammendato annualmente può soddisfare i fabbisogni colturali delle orticole primaverili-estive con rese uguali o superiori a quelle ottenute con fertilizzanti minerali; invece, in colture autunno-vernine può essere necessaria una integrazione con dosi ridotte di fertilizzanti azotati. Il rilascio di N minerale nel suolo supera di rado la soglia di disponibilità ottimale per le piante in pieno campo, mentre sotto serra sono possibili rilasci incontrollati. Impiegando compost di qualità il rischio di innalzare il contenuto totale e quello biodisponibile di metalli pesanti nel suolo appare minimo (36).

I piani di concimazione studiati ed elaborati da CIC (Consorzio Italiano Compostatori) (37) raccomandano, per colture in pieno campo (mais, girasole, riso, foraggiere), dosi pari a **150-250 q.li/ha**, secondo il contenuto di s.o. e il grado di mineralizzazione del suolo, da distribuire prima della semina, alla fine dell'inverno, procedendo subito con l'aratura (vangatura, fresatura), seguano le lavorazioni di affinamento e la preparazione del letto di semina.

L'utilizzo del compost come ammendante rileva inoltre molti altri vantaggi:

- Aumento della capacità di ritenzione idrica del suolo con miglioramento dell'efficienza delle irrigazioni e della capacità di protezione rispetto alle acque sotterranee
- Minore incidenza rilevata in fitopatie radicali, soprattutto in ambito orticolo (*Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia spp.*, *Fusarium spp.*, *Verticillium spp.* e gli oomiceti *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*) (38)
- aumento della micropedofauna e biodiversità del suolo, esprimibile come aumento di indice QBS nei suoli trattati con compost

APPLICAZIONE IN AMBITO PIA

Questi dati sono stati utilizzati nell'ambito del PIA, sia per la definizione di aspetti pratico-applicativi sia per il calcolo di indicatori.

Gestione suoli

Le analisi, svolte nel 2020 prima di iniziare la produzione e concimazione con compost aziendale, evidenziano una buona dotazione di sostanza organica, compresa tra il 3 e il 5,9% (dati inediti PIA), con picchi a oltre il 6% presso il partner 28.

Vista la buona dotazione di partenza di sostanza organica rilevata nei suoli dei partner, è stata prevista un'applicazione di compost pari a 100 q.li/ha, che corrisponde, in base a dati bibliografici (17), a un incremento di sostanza organica stabile da 2 % a 2,7 % in sei anni, che corrisponde a un aumento medio annuo di circa 0,2%.

Il sistema aziendale messo in atto nel PIA, con produzione di compost prevalentemente da frazione solida e utilizzo della liquida come fonte di azoto efficace nei periodi di massima richiesta colturale, ha inoltre consentito una riduzione fino ad azzeramento dell'utilizzo di concimi minerali, producendo vantaggi economici.

Gestione impianti

Gli impianti di stabilizzazione organica di effluenti e digestati non sono più una novità sconosciuta, bensì una realtà operativa da oltre un decennio, anche sul territorio del PIA. I numerosi studi e approfondimenti svolti in questi anni su tali impianti hanno permesso di chiarire e dimostrare che, se il processo avviene correttamente, non ha controindicazioni dal punto di vista ambientale. Infatti il compost che deriva dal procedimento è inerte, inodore e sicuro, in quanto l'azoto presente è quasi completamente organico, e quindi a lento rilascio e non dilavabile. Il processo inoltre non manifesta emissioni dannose e odorogene, come dimostrato da vasta letteratura in materia e confermato da prove inedite condotte su impianto del partner n. 28 e presso le aziende partner n. 1 e 2.

TAB. 2 - CONCENTRAZIONE DI ODORE E STABILITÀ BIOLOGICA DEGLI STREAM LIQUIDI E SOLIDI NEI VARI STEP DELL'IMPIANTO E TRATTAMENTO DIGESTATO			
CAMPIONE*	TIPOLOGIA	OLFATTOMETRIA DINAMICA OU/M ³ H	BIODEGRADABILITÀ G O ₂ /KG SS
Liquame suino		> 54.719	384 ± 51
Digestione anaerobica	Ingestato	> 54.719	291 ± 18
	Digestato	1.739	36,8 ± 4,2
Separatore Tipo FAN	Separato liquido dopo FAN	1.572	48,3 ± 7,8
	Separato solido dopo FAN	1.829	20,9 ± 1,1
Decanter (DEC)	Separato liquido dopo DEC	1.007	27,1 ± 4,8
	Concentrato dopo DEC	910	41,8 ± 1,9
Ultra filtrazione (UF)	Permeato dopo UF	1.325	15,6 ± 1,1
	Retentato dopo UF	1.464	57,9 ± 7,4
Osmosi inversa (OI)	Permeato dopo OI	169	1,0 ± 0,7
	Retentato dopo OI	4.106	7,0 ± 3,8
Raffinazione in zeoliti	Scarico in corpo idrico superfiale	196	n.d.

*riferirsi allo schema in figura 2.

A fianco: immagine tratta da (30) che indica le emissioni odorogene provenienti da matrici e procedimenti normalmente attivi in allevamenti a prescindere dalla presenza di compostaggio, o anche da procedimenti alternativi di gestione degli effluenti

TAB. 1 - SOGLIE OLFATTIVE DI ALCUNI COMPOSTI ODORIGENI RINTRACCIABILI IN REFLUI ZOOTECNICI

COMPOSTO CHIMICO	SOGLIA OLFATTIVA* (MG/M ³)	CONCENTRAZIONE DI IRRITAZIONE (MG/M ³)	DESCRIZIONE DELL'ODORE
Ammoniaca	0,0266 – 39	72,0	Pungente, Irritante
Acido acetico	2,5000 – 250	25,0	Agro, acetico
Acido propionico	0,0840 – 60	-	Fetido
Acido butirrico	0,0010 – 9	-	Acre, sudore
Fenolo	0,1786 – 22,4	182,4	Medicinale, dolce

* valori più bassi e più alti delle soglie reperibili in letteratura
Fonte: APAT - Manuali e linee guida 19/2003

A fianco: immagine tratta da (30) che indica le soglie olfattive e di irritazione di alcuni composti gassosi potenzialmente riscontrabili in aziende agricole con allevamenti, oltre a descrizione di odore.

Dalle analisi di campioni d'aria svolte in ambito delle aziende partner 1 e 2 nel 2020 sono state rilevate concentrazioni superiori alle soglie olfattive solo per mercaptano (odore descritto come di cavolo marcio), aldeidi acetica e propionica (odore agro, acetico e pungente-fetido). I questionari somministrati a panel di annusatori periodicamente interpellati nel corso del 2023, che hanno svolto sopralluoghi nei dintorni delle aziende partner in momenti diversi, hanno di fatto confermato le analisi iniziali, senza ravvisare odori riferibili ad ammoniaca o biossido di azoto se non nelle immediate vicinanze delle vasche liquami e delle stalle. Le percezioni apparivano identiche con impianti di compostaggio fermi o in funzione. Picchi olfattivi sono stati rilevati in occasione di spandimenti di liquame, ma non dello spandimento del compost.

Si conferma quindi l'evidenza di letteratura che l'emissione gassosa degli impianti di compostaggio sia del tutto ininfluenza a fini ambientali, rispetto alle varie fonti tipiche delle aziende agricole, nelle quali la maggiore fonte di odore deriva dalla movimentazione e spandimento di liquami tal quali e digestati.

Si evidenzia inoltre che gli impianti avviati tramite PIA, rispetto a modelli precedenti oggetto di studio, non fanno insufflaggio forzato d'aria, considerato inutile ai fini della corretta esecuzione del processo, elemento questo che riduce ulteriormente il rischio di emissioni in aria.

Il procedimento di compostaggio di effluenti e digestati non è quindi sorgente di particolari impatti ambientali; l'importante è tuttavia che avvenga nel modo corretto. Per garantire la correttezza del procedimento è necessario evitare di utilizzare matrici troppo umide, che potrebbero generare condizioni di scarso arieggiamento inibendo le normali attività dei microrganismi tipicamente coinvolti nel processo. Per questo i procedimenti adottati nelle aziende partner, e meglio descritti nella PARTE 2, prevedono il compostaggio delle frazioni palabili, dei separati solidi e di quelli liquidi solo nella misura di matrici adsorbenti disponibili in quel momento in azienda (paglia e stocchi), che vengono aggiunti nella proporzione di 1 q.le/mc.

BIBLIOGRAFIA

- (1) *Bilancio di lungo periodo della sostanza organica in terreni basso-padani di bonifica*, Saltini e Farini, Bologna, Rivista di agronomia, 1973
- (2) *Principi di fisiologia dell'azienda agraria*, Alfonso Draghetti, Bologna, 1948
- (3) *Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane*, autori vari, ISPRA, 2008
(<https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/pubblicazionidipregio/suolo-radice/77-85.pdf>)
- (4) *Progetto Monitoraggio Ambientale Regione Lombardia*, Beone & al., EUR 27161 IT, 2015.
- (5) *Programma RE MO Rete Nazionale monitoraggio della biodiversità e del degrado del suolo*, quaderno 4/2012
- (6) *Gestione e riduzione dell'azoto di origine zootecnica - Soluzioni tecnologiche e impiantistiche; Studio condotto nell'ambito del progetto di ricerca n. 1165: "Supporto al Programma d'azione nitrati" (d.g.r. 28 febbraio 2007, n. 4198)*; G. Provolo & al., Regione Lombardia-Ersaf, Quaderni della Ricerca n. 93, 2008.
- (7) *PIANO DI MONITORAGGIO DEI SUOLI E DEI SISTEMI AGRICOLI 2020-2023 – Rapporto annualità 2021, Regione Lombardia-ERASF, 2021*
- (8) *Postharvest soil nitrate testing for manured grass and silage corn*; Sullivan&al., EM 8832, 2021
- (9) *Nitrogen balance and fate in a heavily impacted watershed (Oglio River, Northern Italy): in quest of the missing sources and sinks*; Bartoli & al; Biogeoscience, 9, 1-13, 2012
- (10) *Approaches and Uncertainties in Nutrient Budgets: Implications for Nutrient Management and Environmental Policies*; Oenema & al., Eur. J. Agron; 20, 3-16; 2003.
- (11) *Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification*; Racchetti & al., Biogeochemistry 103: 335-354; 2011.
- (12) *The effect of irrigation on groundwater quality and quantity in a human-modified hydro-system: The Oglio River basin, Po Plain, Northern Italy*; Rotiroti & al.; Science of The Total Environment 672: 342-356; 2019.
- (13) *Greenhouse gases (CO₂, CH₄ and NO₂) in lowland springs within an agricultural impacted watershed (Po River plain, northern Italy)*; Laini & al.; Chemistry and Ecology 27: 177-187; 2011
- (14) *La contaminazione da nitrati nelle acque: applicazione di un modello isotopico nelle Regioni del Bacino del Po, della Pianura Veneta e del Friuli Venezia Giulia*; Belli & al., ISPRA – Rapporti 217; 2015
- (15) *Quantifying the benefits to soil of applying quality compost in Italy*; Centemero & al., manuali CIC; 2021
- (16) *Impiego in agricoltura di ammendanti compostati – Risultati di sei anni di sperimentazioni*; AA. VV., CRPA, atti del convegno tenutosi a Bologna, 2008.
- (17) *Effetti dell'applicazione di ammendanti compostati sulle caratteristiche chimico-fisiche dei terreni agrari*; Tabaglio & al.; atti del convegno "Impiego in agricoltura di ammendanti compostati – Risultati di sei anni di sperimentazioni", CRPA, Bologna 2008
- (18) *Il compostaggio può ridurre gli effluenti in eccesso – una tecnica che può dare buone risposte anche per produrre un ammendante utile per riportare sostanza organica nei terreni più carenti*; Rossi e Piccinini; Agricoltura – Zootecnia e Ambiente; gennaio 2001
- (19) *Produzione e impiego di compost nell'azienda agricola*; Rossi e Guercini; VenetoAgricoltura, 2001.
- (20) *Nitrati da problema a risorsa – stato dell'arte e opportunità dalle esperienze di progetto*; AA VV; Regione del Veneto-Veneto Agricoltura; 2012

- (21) *Una tecnologia per l'abbattimento dell'azoto dei reflui zootecnici e del digestato*; Chiumenti; Professione Allevatore, 33; 2011
- (22) *Complete nitrification-denitrification of swine manure in a full-scale, non conventional composting system*; Chiumenti; Waste Management 46: 577-587; 2015
- (23) *Correlating denitrifying catabolic genes with N2O and N2 emissions from swine slurry composting*; Angnes & al.; Bioresour. Technol. 140: 368-375; 2013.
- (24) *Relative contributions of archaea and bacteria to microbial ammonia oxidation differ under different conditions during agricultural waste composting*; Zeng & al. Bioresour. Technol. 102, 9026-9032; 2011.
- (25) *Denitrification and anaerobic energy producing mechanisms by fungi*; Shoun & al. ; Tanpakushitzu Kakusan Koso 51, 419-429; 2006.
- (26) *Importance of Anaerobic Ammonium Oxidation (ANAMMOX) in agricultural soil*; Song & al. Zeng & al. Proceedings of ASA, CSSA and ASSA International Annual Meeting; California (USA), 2010.
- (27) *L'ecosostenibilità della stalla da latte*; Frazzi e Calegari; Bianconero; novembre 2012.
- (28) *Con il compostaggio il digestato diventa un ottimo ammendante*; Tambone & al.; Terra e Vita n. 29-30; 2010
- (29) *Come ottenere buon compost da liquami zootecnici*; Frazzi; L'informatore Agrario 37: 53-56; 2009.
- (30) *Dalla digestione anaerobica fertilizzanti davvero rinnovabili*; Orzi & al.; Terra e Vita 29-30; 2012
- (31) *Come ridurre i costi dell'adeguamento alla Direttiva Nitrati*; Ragazzoni; L'informatore Agrario 11, supplemento; 2009
- (32) *Filiere e Tecnologie di trattamento degli effluenti di allevamento – Progetto RidCaReflui*; AA VV; Regione Veneto – VenetoAgricoltura; 2012
- (33) *Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils*; Amlinger & al.; Literature Study. Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management of Austria. Pp. 32-42; 2007
- (34) *The potential role of compost in reducing greenhouse gases*; Favonio e Hogg; Waste Management & Research 26: 61-69; 2008.
- (35) *Grünlandextensivierung unter besonderer Einbindung der Düngung und Nutzung*. Burchgraber, Versuchsbericht LAKO. Tulin, BAL Gumpenstein und NÖLLWK., 75; 2000
- (36) *Role of compost in the organic amendment of vegetable crops*; Morra; Italus Hortus, 26: 27-39; 2019
- (37) *Compost e agricoltura*; Zanardi (C.I.C.); atti convegno, Olmedo, 2016.
- (38) *Aspetti microbiologici del compost aziendale*; Zaccardelli & al.; progetto Life CarbonOnFarm, 2016.



PSR
2014 2020
LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



PARTE 2

APPROFONDIMENTI E ANALISI DEI PROCEDIMENTI AZIENDALI NELLE AZIENDE PARTNER CHE HANNO INSTALLATO IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO (PARTNER 1 E 4 DEL PIA)

Autori:

dott. agronomo Anna Mazzoleni *

dott. geologo Sarah Chakir*

dott. Guido Ongaro *

* InnovativeTechnologyLab S.r.l. Email: info@innotechlab.eu Cod. Fisc. e P. Iva 01220760555

Con la supervisione scientifica di:

IAIA Italia (International Association of Impact Assessment)

Sommario

PREMESSA.....	1
DESCRIZIONE E ANALISI DEI PROCESSI AZIENDALI E BILANCI DI MASSA E DI AZOTO NELLA GESTIONE DEGLI EFFLUENTI.....	2
STIMA DEGLI EFFETTI ECONOMICI SUL BILANCIO DI AZIENDA TIPO.....	10
CONCLUSIONI	13

DICEMBRE 2023

*

CAPOFILA

Agroenergie Vidolasco Società Cooperativa Agricola

sede legale: Via Cesari 1/A, 26100 CREMONA (CR)

agroenergie.vidolasco@pec.it

PREMESSA

Alcune aziende zootecniche nell'area PIA hanno installato impianti di compostaggio e hanno sviluppato modalità di gestione e valorizzazione degli effluenti basate sulla stabilizzazione organica delle frazioni solide e di parte di quelle liquide, nella misura della disponibilità aziendale di matrici assorbenti (paglie o simili).

Due aziende dell'area sono state utilizzate come casi-studio e si sono prestate ad approfondimenti tecnici per meglio descrivere le modalità e le caratteristiche dei processi produttivi attivati, al fine di ricavarne un modello aziendale. Ciascuna è dotata di un proprio impianto aziendale di biogas della potenza di 100 kW nel quale confluiscono tutti gli effluenti dei rispettivi allevamenti, oltre, in minor misura, a eventuali altri conferimenti di effluente da aziende terze vicine (alcune partner di azione del PIA).

In una ottica di perseguimento di una strategia aziendale per migliorare la gestione dei potenziali impatti ambientale e valorizzare l'effluente zootecnico, le due aziende hanno implementato le proprie strutture di stoccaggio, ciascuna con la creazione di una ampia platea interamente coperta per la stabilizzazione organica e lo stoccaggio degli effluenti.

La struttura è inoltre stata dotata di un impianto automatizzato per il lento e graduale arieggiamento della massa da stabilizzare, in modo da evitare il dispendio dell'utilizzo frequente e continuativo di trattore con pala e relativo operatore. Nell'impianto di compostaggio viene immessa tutta la frazione solida del digestato e parte o tutta quella liquida nella misura di materiale assorbente disponibile (paglie o stocchi). Questo trattamento dell'effluente consente di produrre ammendante compostato misto, prodotto di elevato interesse agronomico perché privo di azoto in forma dilavabile e ricco di sostanza organica stabile. La maggior parte dell'ammendante compostato prodotto viene reimpresso nei campi aziendali e in parte ceduto ad aziende confinanti.

Per comodità di trattazione le due aziende verranno identificate come Azienda 1 e Azienda 2.

DESCRIZIONE E ANALISI DEI PROCESSI AZIENDALI E BILANCI DI MASSA E DI AZOTO NELLA GESTIONE DEGLI EFFLUENTI

AZIENDA 1

L'azienda 1 ha indirizzo zootecnico e conduce un allevamento di bovini da latte di oltre 400 capi, come meglio dettagliato sotto. L'azienda è inoltre dotata di un impianto di biodigestione di 100 kW che viene alimentato con tutto l'effluente aziendale e parte di effluente proveniente da aziende confinanti.

In una ottica di perseguimento di una strategia aziendale per migliorare la gestione dei potenziali impatti ambientale e valorizzare l'effluente zootecnico, l'azienda, nel 2021, ha implementato le proprie strutture di stoccaggio, con la creazione di una ampia platea interamente coperta per la stabilizzazione organica e lo stoccaggio degli effluenti. La struttura è inoltre stata dotata di un impianto automatizzato per il lento e graduale arieggiamento della massa da stabilizzare, in modo da evitare il dispendio dell'utilizzo frequente e continuativo di trattore con pala e relativo operatore. Questo trattamento dell'effluente consente di produrre ammendante compostato misto, prodotto di elevato interesse agronomico perché privo di azoto in forma dilavabile e ricco di sostanza organica stabile. La maggior parte dell'ammendante compostato prodotto viene reimpresso nei campi aziendali e in parte ceduto ad aziende confinanti. L'impianto aziendale è operativo dal luglio 2021 e da oltre un anno composta stabilmente il proprio digestato (sia la parte palabile che quella liquida, grazie all'aggiunta di paglie e stocchi). La capienza della trincea di stoccaggio è di circa 1000 mc e la capacità di lavoro teorica dell'impianto si assesta intorno ai 4 cicli/anno.

Di seguito sono descritte in sintesi le modalità di gestione dell'effluente a partire dal luglio 2021 in avanti, sulla base dei dati riportati e riferiti dall'azienda stessa. Per comodità di calcolo ed esposizione, i bilanci di massa e di azoto vengono riportati su base annuale.

Dotazione zootecnica aziendale

L'Azienda 1 risulta avere una dotazione complessiva di 420 capi bovini, per un corrispettivo di 338 UBA, come meglio specificato nella tabella seguente:

Specie	BOVINI	Cicli	Numero capi	UB
	BOVINI - MASCHI SUPERIORI 2 ANNI	1	0.0	0.0
	BOVINI - FEMMINE DA 1 A 2 ANNI	1	50.0	30.0
	BOVINI - FEMMINE SUPERIORI 2 ANNI	1	20.0	20.0
	BOVINI - VITELLI FINO 6 MESI	1	70.0	28.0
	BOVINI - MASCHI DA 1 A 2 ANNI	1	0.0	0.0
	BOVINI - VITELLI DA 6 A 12 MESI	1	60.0	30.0
	BOVINI - VACCHE DA LATTE	1	230.0	230.0
Totale capi			420.0	
Totale ub				338.0

Nel complesso, gli animali dell'Azienda 1 risultano produrre annualmente 7.118,7 mc di letame e 1903,5 mc di liquame, per una produzione totale di azoto (calcolata sulla base di valori tabellari nell'ambito PUA) pari a **25.194 kg N/anno**.

La massa, aumentata dei volumi delle acque di lavaggio, viene computata a circa 10.090 mc che vanno interamente al digestore, nel quale si aggiungono anche i 1270 mc conferiti da stalle vicine, per una massa complessiva di 11.360 mc (incluse acque di lavaggio) che entrano annualmente nel digestore, con un contenuto di 29.424 kg di N, di cui 25.194 kg di provenienza aziendale e 4.230 kg di provenienza esterna.

A seguito del processo di digestione anaerobica, escono dal digestore circa 10.680 mc di digestato, per un quantitativo di N sempre indicativamente pari a 29.424 kg.

Successivamente, il digestato viene avviato a **processo di separazione**, per mezzo di un separatore con coclee elicoidali, installato presso il digestore aziendale, che manifesta un'efficienza di separazione mediamente de 20-25%.

A valle del processo di separazione, le componenti risultano così costituite:

Descrizione	Specie	Refluo	Volume (m3)	N (kg)
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	ACQUA DI LAVAGGIO	Liquido	803,29	0,00
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	ACQUA METEORICA	Liquido	210,71	0,00
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	BOVINI DA LATTE	Liquido	7529,31	23244,95
		Totale struttura	8543,31	23244,95
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	ACQUA DI LAVAGGIO	Solido non compostato	200,82	0,00
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	ACQUA METEORICA	Solido non compostato	52,68	0,00
Separazione media efficienza (separatori a rulli e compressione elicoidale)-liquame bovino	BOVINI DA LATTE	Solido non compostato	1882,33	5884,80
		Totale struttura	2135,83	5884,80

Successivamente alla separazione, tutta la componente solida viene immediatamente avviata a processo di **stabilizzazione organica in ambiente aerobico** (processo tipo compostaggio). Il processo avviene nell'impianto aziendale di stabilizzazione organica realizzato nel 2021.

La frazione liquida di digestato viene anch'essa utilizzata nella stabilizzazione organica, ma aggiunta gradualmente, all'interno della massa da compostare, attraverso un sistema di distribuzione automatizzata di cui è dotato l'impianto aziendale. Nel processo vengono inoltre aggiunte paglie e stocchi nella misura di circa 1 q.le/mc di separato liquido immesso.

Durante il processo di compostaggio si assiste a una consistente riduzione della massa complessiva compostata. Nella riduzione di massa, l'azoto è una delle componenti che vengono ridotte in modo consistente. Sulla base delle stime aziendali, si ritiene che siano applicabili i valori massimi tabellari indicati su piattaforma Sisco per il calcolo della riduzione di volumi e azoto durante il processo di stabilizzazione organica: riduzione del volume della massa compostata pari al 72% e riduzione di azoto pari al 60%. Annualmente, vengono compiuti circa 4 cicli di compostaggio (di durata media di 90 giorni ciascuno), con produzione di un quantitativo complessivo di circa 2.430 t di ammendante compostato.

Di seguito si riporta il bilancio di massa e di N, riportato su base annuale, come ricostruito in base ai dati aziendali.

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

PRODUZIONE E ACQUISIZIONE EFFLUENTI

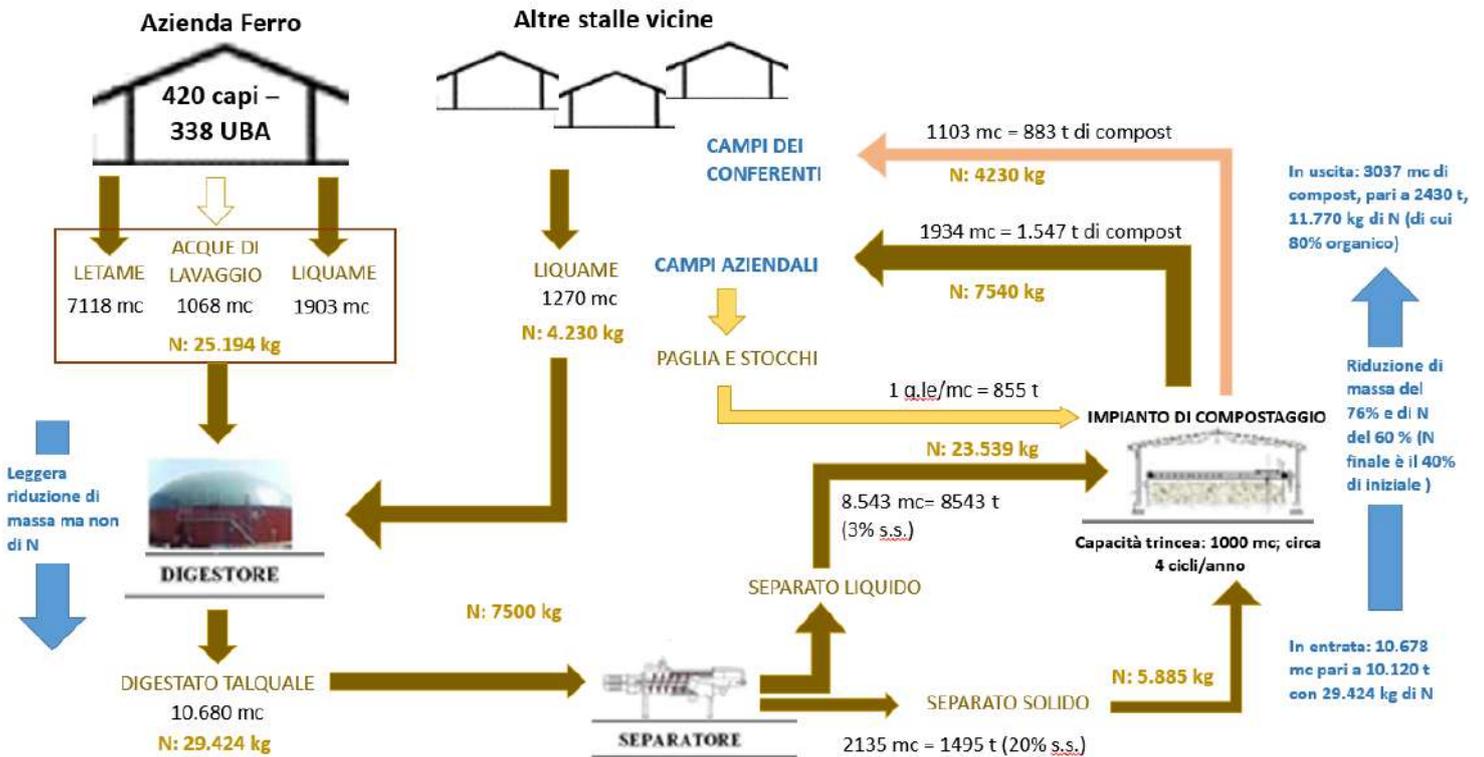
	Volumi	Contenuto N
Produzione aziendale		
Letame	7118 mc	
Liquame	1903 mc	
Acque lavaggio	1068 mc	
	10089 mc	25194 kg
Acquisizione esterna		
Liquame	1270 mc	4230 kg

PROCESSI DI TRASFORMAZIONE AZIENDALI e BILANCI DI MASSA E DI AZOTO

Totale matrici in ingresso a digestore	Volumi	Contenuto N	Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq	
	11359 mc	29424 kg	2,6	1,0	11359 t	6%	681,54 t	4,3	0,3	
DIGESTIONE ANAEROBICA										
										
Digestato	10679 mc	29424 kg	2,8	1,0	10679 t	6%	640,74 t	4,6	0,3	
SEPARAZIONE										
										
Separato solido	2135 mc	5884,8 kg	2,8	0,7	1495 t	20%	298,9 t	2,0	0,4	
Separato liquido	8543 mc	23539,2 kg	2,8	1,0	8543 t	3%	256,29 t	9,2	0,3	
COMPOSTAGGIO										
Matrici in ingresso	10678	29424								
										
separato solido:	2135 mc	5884,8 kg	2,8	0,7	1495 t	20%	298,9 t	2,0	0,4	
separato liquido:	8543 mc	23539,2 kg	2,8	1,0	8543 t	3%	256,29 t	9,2	0,3	
Paglia:					85 t		85 t			
					10123 t		640,62 t			
Compost prodotto:	3037 mc	11769,6 kg	3,9	0,8	2430 t	47%	1141,9 t	1,0	0,5	
Percentuale di N rispetto a N iniziale:		40%								
Riduzione di azoto (in termini assoluti)		60%								
Compost reimpresso su campi aziendali:	1933,2 mc	7539,6 kg		0,8	1547 t					
Compost ceduto ad aziende conferenti:	1103,6 mc	4230,0 kg		0,8	883 t					

N.B. Non viene conteggiato, perché considerato pressoché ininfluente, il quantitativo di N nelle paglie.

SCHEMA DEI PROCESSI PRODUTTIVI AZIENDALI CON BILANCI DI MASSA E DI AZOTO



Sulla base di dati aziendali e approfondimenti svolti nell'azienda 1, dove è attivo un impianto di compostaggio a partire dall'agosto 2021, risulta che l'azienda produca annualmente circa 2430 t di ammendante compostato (pari a circa 3037 mc) interamente derivante da digestato prodotto nell'impianto aziendale e aggiunta di biomasse provenienti dalle produzioni vegetali quali paglia e stocchi. Il digestato deriva a sua volta da prevalente apporto di effluenti aziendali (88%) e da conferimento di altre aziende limitrofe (12%). Nel processo di stabilizzazione organica (o compostaggio) risulta essere stata trattata una massa complessiva di circa 10.678 mc, che si riduce, in volume, del 72% per una produzione finale, su base annuale, di circa 3037 mc di compost. L'azoto, pari a 29.424 kg nella massa in ingresso, durante il processo di compostaggio subisce una riduzione del 60%, per un quantitativo di N, in uscita, di circa 11.770 kg/anno. Dell'ammendante compostato prodotto, un quantitativo circa pari a 1934 mc (= 1547 t), per un equivalente di 7.540 kg di N, viene reimpresso nei campi aziendale, mentre la restante parte di ammendante compostato (1.103 mc = 883 t), per un quantitativo di azoto di 4320 kg, viene restituito alle aziende conferenti il liquame.

AZIENDA 2

L'Azienda 2, è una cooperativa agricola, costituita nel 2013 con la finalità di attuare una gestione consortile degli effluenti di allevamento prodotti dai tre soci, titolari di tre aziende agricole con allevamenti di bovini da latte. Presso la sede operativa, la Cooperativa ha in dotazione un impianto di biodigestione di 100 kW che viene alimentato con gli effluenti provenienti dalle aziende dei soci. A partire dal 2023 si è inoltre dotata di un impianto automatizzato per la stabilizzazione organica di effluenti e digestati che risulta in funzione a partire da marzo-aprile 2023.

L'impianto di stabilizzazione consta di un'ampia platea in calcestruzzo per lo stoccaggio degli effluenti ed è inoltre dotata di un impianto automatizzato per il lento e graduale arieggiamento della massa da stabilizzare, in modo da evitare il dispendio dell'utilizzo frequente e continuativo di trattore con pala e relativo operatore. La capienza della trincea di stoccaggio è di circa 1000 mc e la capacità di lavoro teorica dell'impianto si assesta intorno ai 4 cicli/anno. Questo trattamento dell'effluente o digestato consente di produrre ammendante compostato misto, prodotto di elevato interesse agronomico perché privo di azoto in forma dilavabile e ricco di sostanza organica stabile. Al momento tutto l'ammendante compostato prodotto viene reimpresso nei campi aziendali, con l'idea tuttavia di cominciare a venderne quote gradualmente crescenti sul mercato agricolo degli ammendanti. A tale scopo, in data 11 maggio 2023, la Cooperativa ha presentato istanza di iscrizione al registro ministeriale dei fabbricanti di fertilizzanti.

Per l'anno in corso, ai fini dei conteggi riguardanti la gestione dell'azoto aziendale, si considera che tutto l'ammendante prodotto venga restituito alle aziende conferenti per la distribuzione nei campi aziendali.

Produzione e gestione degli effluenti di allevamento dei soci della Cooperativa

Gli allevamenti di vacche da latte dei soci della cooperativa producono effluenti prevalentemente in forma di liquame, ma in parte anche di letame. Il liquame viene avviato all'impianto di biodigestione della cooperativa mentre il letame viene in parte ceduto a terzi e in parte avviato all'impianto di stabilizzazione della cooperativa.

Nel complesso, la Cooperativa riceve dai soci 490,71 kg di letame che vengono avviati direttamente al compostaggio nell'impianto di stabilizzazione, e 10.375,14 mc di liquame che vanno ad alimentare il biodigestore. In totale, il quantitativo di N ricevuto dai soci risulta pari a **30.680 kg N/anno**, di cui 1.133 kg dalla frazione palabile e 29.680 kg dalla frazione non palabile.

cooperativa.

SOCIO CONFERITORE	LETAME		LIQUAME		LETAME		LIQUAME	
	mc	kg N	mc	kg N	mc	kg N	mc	kg N
	<i>Conferito a terzi</i>				<i>Conferito a biogas di Cooperativa</i>			
ARPINI	0,00	0,00	0,00	0,00	285,98	699,90	4.898,88	13.319,10
DONARINI	2.189,76	7.134,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1.327,41	3.443,40
AVOGADRI	3.418,78	7.232,44	0,00	0,00	204,73	433,10	4.148,85	12.917,00
<i>Totale</i>	<i>5.608,54</i>	<i>14.367,04</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>490,71</i>	<i>1.133,00</i>	<i>10.375,14</i>	<i>29.679,50</i>

Va a impianto di stabilizzazione

Va a impianto di biogas

Separazione del digestato in frazioni solida e liquida

Il digestato viene avviato a **processo di separazione**, per mezzo di un separatore con coclee elicoidali, installato presso il digestore aziendale, con un'efficienza di separazione mediamente de 15 %.

A valle del processo di separazione, le componenti risultano così costituite:

	mc	Kg N
Massa in biodigestore:	10.375,14	29.679,50
<i>Leggera riduzione di massa ma non di azoto</i>		
Digestato in uscita	9.752,63	29.679,50
<i>Separazione con efficienza del 15%</i>		
Separato liquido:	8.289,74	25.227,58
Separato solido:	1.462,89	4.451,93

Processo di stabilizzazione biologica

Tutta la componente solida (frazione solida del digestato e letame conferito dai soci) viene avviata direttamente a processo di **stabilizzazione organica in ambiente aerobico** (processo tipo compostaggio). Il processo avviene nell'impianto aziendale di stabilizzazione organica operativo da marzo-aprile 2023. L'impianto per il compostaggio ha una capacità volumetrica di circa 1000 mc e una capacità di lavoro per circa 4 cicli/anno (per un massimo teorico di 4000 mc/anno di compost prodotto).

La frazione liquida del digestato viene anch'essa utilizzata nella stabilizzazione organica, ma aggiunta gradualmente, all'interno della massa da compostare. Nel processo vengono inoltre aggiunte paglie e stocchi nella misura di circa 1 q.le/mc di separato liquido immesso. Il quantitativo di digestato liquido immesso nel processo di compostaggio dipende dalla disponibilità di paglia e stocchi che i soci sono in grado di conferire. Per questo primo anno viene indicato un quantitativo di paglie e stocchi disponibili pari a circa 240 t (800 rotoballe da 3 q.li ciascuna), per cui viene calcolato un quantitativo di digestato liquido utilizzabile di circa 2.400 mc. Vengono invece restituiti ai soci conferitori circa 5.586 mc di separato liquido, per un quantitativo di N pari a 17.660 kg.

Nell'impianto di stabilizzazione biologica vengono immessi quindi immessi: la frazione palabile conferita dai soci (490 mc = 1.133 kg N) + separato solido (1.463 mc = 4452 kg N) + il 30% circa del separato liquido* (2.403 mc= 7.568 kg N) + 240 t di paglia e stocchi, questi ultimi aggiunti nella misura di 1 q.le/mc di digestato liquido immesso nell'impianto.

	mc	Kg N
Massa in ingresso nel biodigestore:	10.375,14	29.679,50
<i>Leggera riduzione di massa ma non di azoto</i>		
Digestato in uscita	9.752,63	29.679,50
<i>Separazione con efficienza del 15%</i>		
Separato liquido:	8.289,74	25.227,58
Separato solido:	1.462,89	4.451,93

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

Durante il processo di compostaggio si assiste a una consistente riduzione della massa complessiva compostata. Nella riduzione di massa, l'azoto è una delle componenti che vengono ridotte in modo consistente. Sulla base delle stime aziendali, si ritiene che siano applicabili i valori massimi tabellari indicati su piattaforma Sisco per il calcolo della riduzione di volumi e azoto durante il processo di stabilizzazione organica: riduzione del volume della massa compostata pari al 72% e riduzione di azoto pari al 60%. Annualmente, vengono compiuti circa 4 cicli di compostaggio (di durata media di 90 giorni ciascuno), con produzione di un quantitativo complessivo di circa 1.403 t di ammendante compostato.

Di seguito si riporta il bilancio di massa e di N, riportato su base annuale, come ricostruito in base ai dati aziendali.

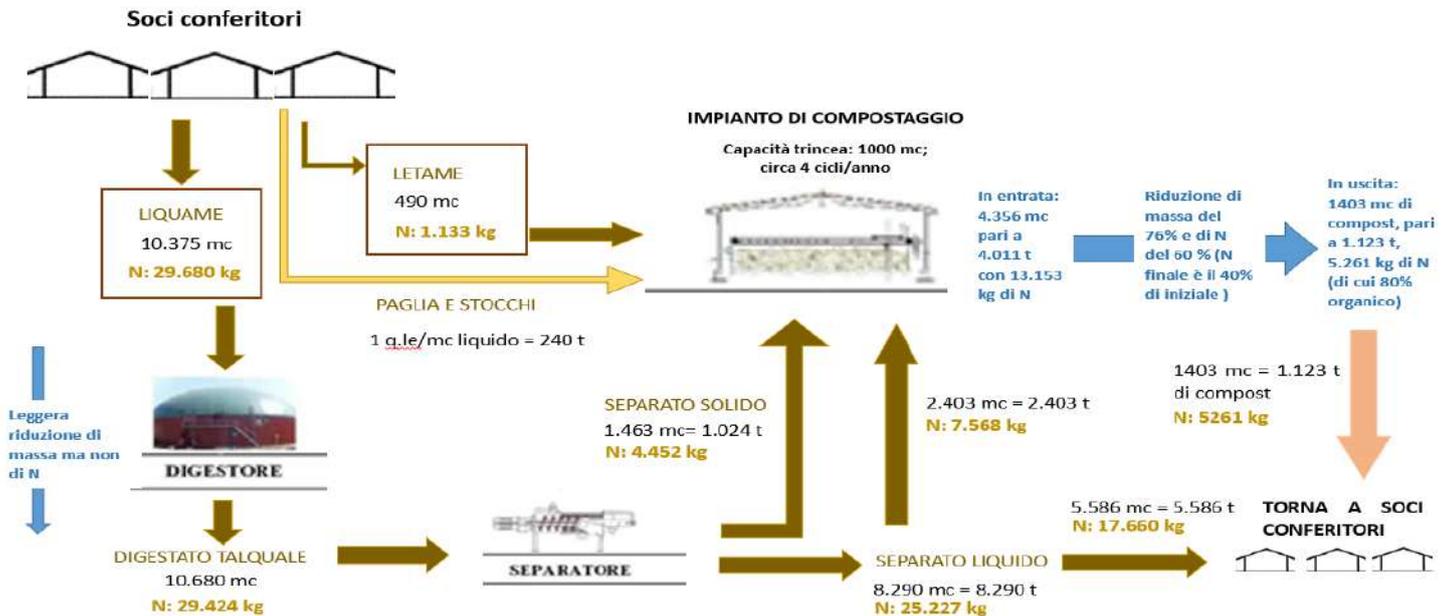
Matrici in ingresso				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq	
letame:	490,71	mc	1.133,00	kg	2,3	0,7	343 t	20%	68,70	1,6	0,3
separato solido:	1.462,89	mc	4.451,93	kg	3,0	0,7	1024 t	20%	204,81 t	2,2	0,4
separato liquido:	2.403,30	mc	7.568,27	kg	3,0	1,0	2403 t	3%	72,10 t	10,5	0,3
Paglia:							240 t		240 t		
	4.356,91	mc	13.153,20	kg			4.011,16 t		585,93 t		
Produzione annuale compost				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq	
	1.403,90	mc	5.261,28	kg	3,7	0,8	1.123,12 t	47%	527,87 t	1,0	0,5
Percentuale rispetto a N iniziale:			40%								
Riduzione di azoto (in termini assoluti)			60%								

SCHEMA DEI PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DI EFFLUENTI E DIGESTATI

	Volumi		Contenuto N	Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
Produzione effluenti conferiti da soci												
Liquami	10.375,14		29.679,50									
Letami	490,71		1.133,00									
			30.812,50									
Totale matrici in ingresso a digestore					Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq	
DIGESTIONE ANAEROBICA		10.375,14	mc	29.679,50	kg	2,9	1,0	10375,1 t	6%	622,5084 t	4,8	0,3
Digestato				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
SEPARAZIONE		9.752,63	mc	29.679,50	kg	3,0	1,0	9752,63 t	6%	585,1579 t	5,1	0,3
Separato solido				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
	1.462,89	mc	4.451,93	kg	3,0	0,7	1024 t	20%	204,8053 t	2,2	0,4	
Separato liquido				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
	8.289,74	mc	25.227,58	kg	3,0	1,0	8290 t	3%	248,6921 t	10,1	0,3	
di cui tornano a conferenti:												
	5.886,43	mc	17.659,30	kg	3,0	1,0	5886 t	3%	176,59 t	10,0	0,3	
COMPOSTAGGIO												
Matrici in ingresso				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
letame:	490,71	mc	1.133,00	kg	2,3	0,7	343 t	20%	68,70	1,6	0,3	
separato solido:	1.462,89	mc	4.451,93	kg	3,0	0,7	1024 t	20%	204,81 t	2,2	0,4	
separato liquido:	2.403,30	mc	7.568,27	kg	3,0	1,0	2403 t	3%	72,10 t	10,5	0,3	
Paglia:							240 t		240 t			
	4.356,91	mc	13.153,20	kg			4.011,16 t		585,93 t			
Produzione annuale compost				Rapporto N/mc	Kg/L	Massa	% s.s.	Quantità di s.s.	% N su s.s.	% N si tq		
	1.403,90	mc	5.261,28	kg	3,7	0,8	1.123,12 t	47%	527,87 t	1,0	0,5	
Percentuale rispetto a N iniziale:			40%									
Riduzione di azoto (in termini assoluti)			60%									

N.B. Non viene conteggiato, perché considerato pressoché ininfluente, il quantitativo di N nelle paglie.

SCHEMA DEI PROCESSI PRODUTTIVI AZIENDALI CON BILANCI DI MASSA E DI AZOTO



Sulla base di dati aziendali e approfondimenti svolti nella sede aziendale, dove è attivo un impianto di compostaggio a partire dal marzo-aprile 2023, risulta una produzione annua stimabile intorno a circa 1.123 t di ammendante compostato (pari a circa 1.403 mc) interamente derivante da digestato prodotto nell'impianto di biogas aziendale oltre a letame e biomasse provenienti dai soci conferitori. Il digestato deriva a sua volta da conferimento della frazione non palabile dei soci. Nel processo di stabilizzazione organica (o compostaggio) risulta essere stata trattata una massa complessiva di circa 4.356 mc, che si riduce, in volume, del 72% per una produzione finale, su base annuale, di circa 1.403 mc di compost. L'azoto, pari a 13.153 kg nella massa in ingresso, durante il processo di compostaggio subisce una riduzione del 60%, per un quantitativo di N, in uscita, di circa 5.261 kg/anno. L'ammendante compostato prodotto viene interamente restituito ai soci conferitori per la concimazione dei campi aziendali, così come la parte non compostata di digestato liquido, pari a 5.586 mc, per un equivalente di 17.660 kg di N. In sintesi: per un quantitativo iniziale di azoto pari a 30.812 kg di N conferiti dai soci agli impianti della Cooperativa, vengono restituiti ai medesimi soci 22.920 kg di N, di cui 17.660 kg con il digestato liquido non utilizzato nell'impianto di compostaggio e 5.260 kg con il compost prodotto. Rispetto alla capacità di lavoro dell'impianto, la produzione di ammendante compostato può essere ancora molto aumentata, così come l'abbattimento dell'azoto, attraverso la stabilizzazione di una maggiore quantità di separato liquido: per fare questo occorre tuttavia aumentare il quantitativo di matrici assorbenti (paglie e stocchi) provenienti dai soci conferitori. Per questo primo anno, la quantità di separato liquido utilizzato nell'impianto è stata stimata in base alla disponibilità attuale di paglia e stocchi.

STIMA DEGLI EFFETTI ECONOMICI SUL BILANCIO DI AZIENDA TIPO

Sulla base dei dati e degli approfondimenti effettuati nelle due aziende studiate, si è provato a simulare un bilancio di un'azienda tipo (basata su un modello produttivo analogo alle aziende di partenza), con lo scopo di comparare, dal punto di vista economico, gli scenari aziendali in presenza di stabilizzazione dell'effluente e in assenza.

Azienda tipo: vacche da latte, 340 capi, biodigestore esistente di 100 KW alimentato da effluente zootecnico proveniente da 3 aziende (la stessa e altre due vicine), Zona Vulnerabile a Nitrati (ZVN) con soglia di 170 kg/ha di Azoto (N).

E' stata ipotizzata una produzione di circa 12.700 t/anno di digestato dal biogas aziendale, con un tenore di azoto di 0,3 % (= 3kg N/t) per un totale di 38.100 kg N/anno che, in ZVN (Zone Vulnerabili ad N con limite di 170 kgN/ettaro x anno) richiederebbe 224 ettari per lo spandimento.

Ipotizzando di compostare tutta la frazione solida (pari a 3.175 mc = 2380 t) e parte di quella liquida (pari a 4000 mc o t su 10.320 t totali, con l'aggiunta di 400 t di paglia) avremmo una produzione ipotizzabile di 2.150 mc /anno (= 1.720 t/anno) di ammendante compostato misto (riduzione in volume di circa 70%) con tenore di N pari a 0,5% su t.q. (= 8.600 kg di N/anno).

In questo caso, la produzione annuale di azoto e la superficie relativa per spandimento risulterebbe:

Tipologia	Massa/anno	Kg di N/anno	Limite in ZVN	Ettari necessari
Digestato liquido residuo:	6.320 t	18.960 kg	170 kg/ha x anno	111
Compost prodotto	1.720 t	8.600 kg	340 kg/ha x anno *	25
<i>Tot:</i>				136

* sebbene la norma preveda la possibilità di applicare per l'ammendante compostato la soglia di 340 kg/ettaro di N anche in ZVN, come per i concimi, per meri motivi procedurali legati al gestionale per le comunicazioni nitrati, tale possibilità viene solitamente disapplicata. Sarebbe utile, su questo punto, un allineamento univoco del settore.

In assenza di vendita o conferimento del compost prodotto a terzi, si ipotizza un risparmio di ettari pari a 88 ettari, che aumenta fino a 100 ettari nel caso di cessione o vendita a terzi di metà del compost.

Nello scenario con stabilizzazione dell'effluente si evidenziano varie economie positive:

- Risparmio affitti e convenzioni per il raggiungimento di soglia di ettari per spandimento (tra 88 e 100 ettari risparmiati)
- Risparmio per gestione delle cuccette (il digestato solido può essere utilizzato nelle cuccette per poi essere direttamente avviato a compostaggio)
- Riduzione dei volumi di stoccaggio
- Risparmio acquisto urea (sostituibile con un utilizzo mirato del digestato liquido)

Ad un'analisi puntuale delle voci di costo stimate emerge quanto segue.

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

SCENARIO SENZA STABILIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI		SCENARIO CON STABILIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI	
Incidenza media costi su l di latte prodotto		Incidenza media costi su l di latte prodotto	
Alimenti acquistati	0,172 €	Alimenti acquistati	0,172 €
spese varie di stalla	0,043 €	spese varie di stalla	0,030 €
medicinali	0,015 €	medicinali	0,015 €
spese agricole	0,040 €	spese agricole	0,038 €
manutenzione mezzi	0,023 €	manutenzione mezzi	0,023 €
carburanti	0,019 €	carburanti	0,019 €
assicurazioni, spese bancarie	0,010 €	assicurazioni, spese bancarie	0,010 €
affitti	0,020 €	affitti	0,010 €
Tot	0,342 €	Tot	0,317 €
Valore latte al litro	0,37 €	Valore latte al litro	0,37 €

SCENARIO SENZA STABILIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI

Produzione annua latte e allevamento		20.000,00 q.li latte/anno	
P1	Valore produzione vendibile	740.000,00 €	(37 €/q.le latte)
		30.000,00 €	vendita capi da macello
		770.000,00 €	PLV totale
C1	Costo produzione	684.000,00 €	(34,2 €/q.le di latte prodotto)
Valore attività connesse			
P3	Valore produzione energia	188.800,00 €	(100 KWe x 8000 h x 0,236 €)
C3	Costo attività connessa	70.000,00 €	
C4	Salari, stipendi, oneri sociali	72.000,00 €	(2 persone a tempo pieno)
Ptot	VALORE TOTALE PRODUZIONE:	958.800,00 €	
	P1+P2+P3		
Ctot	TOTALE COSTI	754.000,00 €	
	C1+C2+C3		
VA	VALORE AGGIUNTO	204.800,00 €	
	Ptot-Ctot		
MOL	MARGINE OPERATIVO LORDO	132.800,00 €	
	VA-C4		
Co	CONTRIBUTI PUBBLICI ORDINARI	45.000,00 €	
RD	REDDITO DISPONIBILE	177.800,00 €	
	MOL+Co		
	(al lordo di ammortamenti e imposte)		

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

SCENARIO CON STABILIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI

Produzione annua latte e allevamento		20.000,00 q.li latte/anno	
P1	Valore produzione vendibile	740.000,00 €	(37 €/q.le)
		30.000,00 €	vendita capi da macello
		770.000,00 €	PLV totale
C1	Costo produzione	634.000,00 €	(32 €/q.le)
Produzione annua compost		1720 t	
	Eccedenza vendibile		860 t
	Valore a tonn	80,00 €	
P2	Valore produzione vendibile	68.800,00 €	
C2	Costo produzione	56.000,00 €	(400 t paglia + 4000 € di costi ordinari)
Valore attività connesse			
P3	Valore produzione energia	188.800,00 €	(100 KWe x 8000 h x 0,236 €)
C3	Costo attività connessa	70.000,00 €	
C4	Salari, stipendi, oneri sociali	102.000,00 €	(2 persone a tempo pieno + 1 part time)
Ptot	VALORE TOTALE PRODUZIONE:	1.027.600,00 €	
	P1+P2+P3		
Ctot	TOTALE COSTI	760.000,00 €	
	C1+C2+C3		
VA	VALORE AGGIUNTO	267.600,00 €	
	Ptot-Ctot		
MOL	MARGINE OPERATIVO LORDO	165.600,00 €	
	VA-C4		
Co	CONTRIBUTI PUBBLICI ORDINARI	45.000,00 €	
RD	REDDITO DISPONIBILE	210.600,00 €	
	MOL+Co		
	(al lordo di ammortamenti e imposte)		

Ipotizzando di mantenere la capacità di lavoro dell'impianto entro i limiti della produzione del biogas aziendale, di vendere la metà del compost prodotto e di riuscire a venderla a 8 €/q.le, si registrerebbe un aumento del reddito disponibile pari a circa 33.000 €/anno.

La redditività può essere ulteriormente aumentata:

- Aumentando la produzione di compost fino alla massima capacità di lavoro dell'impianto (circa 4000 t/anno di compost ni 4 cicli)
- Riuscendo a valorizzare meglio il compost sul mercato.

Resta valido un indubbio vantaggio in termini di conformità del PUA, soprattutto in una zona, quale quella del PIA, dove la disponibilità di suoli per lo spandimento è diventato un fattore limitante.

Ipotizzando un investimento pari a 450.000 € (incluse strutture e impianti), anche nel caso in cui l'impianto non venga utilizzato al pieno della sua capacità, si stima possibile un tempo di rientro dell'investimento pari a circa 15 anni, dimezzabile nel caso di utilizzo dell'impianto alla sua massima capacità.

CONCLUSIONI

Sulla base dei dati e degli approfondimenti svolti nelle aziende utilizzate come casi studio che hanno installato impianti di stabilizzazione organica degli effluenti di allevamento nell'area del PIA, è possibile concludere quanto segue.

Gli impianti installati hanno una capacità massima teorica di produzione di 4000 mc /anno (su quattro cicli teorici) di un prodotto inquadrabile dal punto di vista normativo come ammendante compostato misto (ACM). Tale capacità sopperirebbe senza problemi alla stabilizzazione dell'intero digestato aziendale. Tuttavia la stabilizzazione della frazione liquida è limitata dalla disponibilità di paglie presenti in azienda.

In entrambe le aziende viene infatti compostata tutta la frazione palabile o solida e quella liquida nella misura della disponibilità contingente di paglie.

Nell'annata in cui il processo è stato monitorato, nel processo di stabilizzazione organica si è potuta osservare una riduzione di volume pari mediamente al 70% (in qualche caso ha raggiunto picchi del 90%) e una riduzione media di azoto del 60% rispetto alle matrici in ingresso. I dati sono in linea con quanto previsto dalla letteratura di settore e dalle tabelle regionali.

I vantaggi aziendali sono legati soprattutto alla riduzione di azoto al campo all'interno di un contesto territoriale dove la disponibilità di suoli per lo spandimento è divenuta un vero fattore limitante e comunque una voce di costo elevata. Si rilevano comunque vari effetti positivi sui bilanci aziendali, tra cui economie riguardanti i costi di affitti e convenzioni per terreni finalizzati a spandimento, i costi di stalla (gestione cuccette), i costi di meccanizzazione e, in caso di vendita di parte dell'ammendante, tali economie aumentano ulteriormente. Dalle economie e dalla vendita parziale del compost è possibile ipotizzare un aumento del reddito disponibile che consenta di rientrare dell'investimento in un arco temporale tra i 15 e gli 8 anni, a seconda di quanto viene sfruttata saturata la capacità di lavoro dell'impianto e delle possibilità di valorizzazione del compost sul mercato.

Per aumentare le matrici in ingresso, aumentando così il grado di utilizzo della capacità dell'impianto e il quantitativo di compost prodotto, è possibile acquisire e trasformare frazioni solide o palabili di digestati o effluenti degli allevamenti vicini, realizzando così, al contempo, un aumento delle ricadute positive a livello territoriale.



PSR
2014 2020
LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



PARTE 3

STUDIO SULLE POTENZIALITA' DI DIFFUSIONE A SCALA TERRITORIALE DEL MODELLO PROPOSTO ATTRAVERSO IL PIA

Autori:

dott. agronomo Anna Mazzoleni *

dott. geologo Sarah Chakir*

dott. Guido Ongaro *

* InnovativeTechnologyLab S.r.l. Email: info@innotechlab.eu, Cod. Fisc. e P. Iva 01220760555

Con la supervisione scientifica di:

IAIA Italia (International Association of Impact Assessment)

Sommario

PREMESSA.....	1
ANALISI E DESCRIZIONE DEL COMPARTO TERRITORIALE	1
ANALISI DEL PROBLEMA E DELLE POSSIBILI SOLUZIONI.....	4
ANALISI DEGLI SCENARI	7
CONCLUSIONI	9
ALLEGATI CARTOGRAFICI.....	10
Riferimenti bibliografici	10

DICEMBRE 2023

*

CAPOFILA

Agroenergie Vidolasco Società Cooperativa Agricola

sede legale: Via Cesari 1/A, 26100 CREMONA (CR)

agroenergie.vidolasco@pec.it

PREMESSA

Il presente studio viene redatto nell'ambito del PIA con la finalità di approfondire e descrivere le caratteristiche generali e socio-economiche del comparto territoriale nel quale ricade il PIA, nonché di chiarire la fattibilità e i vantaggi ambientali della diffusione su scala più ampia di un modello produttivo analogo a quello intrapreso dalle aziende partner del PIA, che hanno integrato la stabilizzazione dell'effluente o digestato nei loro procedimenti aziendali.

ANALISI E DESCRIZIONE DEL COMPARTO TERRITORIALE

COMPARTO TERRITORIALE CONSIDERATO

L'ambito territoriale considerato come area di potenziale ricaduta del PIA e oggetto delle presenti analisi, corrisponde al comprensorio di dieci comuni per un'estensione di oltre 182 Km², dei quali 102 Km² in provincia di Cremona e 80 in provincia di Bergamo, collocata tra i fiumi Oglio e Serio. Di seguito le superfici dei dieci Comuni considerati:

Tab. 1 – Comuni del comparto territoriale considerato

Comune	Provincia	Superficie comunale (km ²)	Subtotali
CAMISANO	CR	10,82	
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	CR	9,03	
CASALETTO DI SOPRA	CR	8,57	
CASTEL GABBIANO	CR	5,8	
ROMANENGO	CR	14,87	
SONCINO	CR	45,38	
TICENGO	CR	8,04	102,51
ANTEGNATE	BG	9,63	
BARBATA	BG	8,07	
CALCIO	BG	15,73	
FONTANELLA	BG	17,93	
PUMENENGO	BG	10,12	
TORRE PALLAVICINA	BG	10,24	79,76
		<i>Totale:</i>	<i>182,27</i>

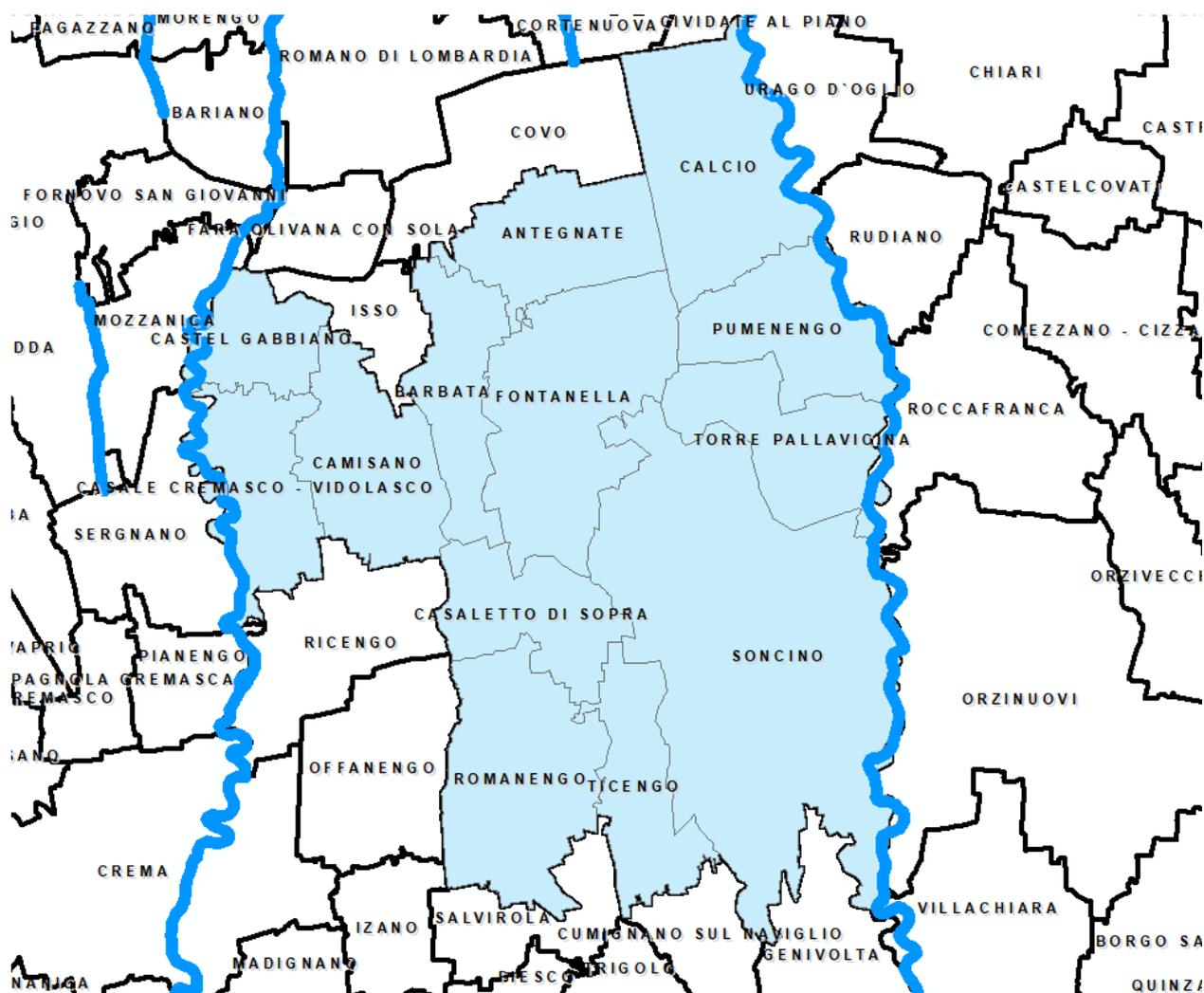


Fig. 1 – Ambito territoriale considerato

ANALISI DELLA CONSISTENZA ZOOTECNICA E QUANTITATIVI DI AZOTO AL CAMPO

Ai fini dell'analisi sono stati richiesti alle ATS di Bergamo e Cremona i dati relativi agli allevamenti ricadenti nel comparto territoriali e considerato. Dei dati forniti, sono stati considerati quelli di maggiore consistenza e di rilevanza zootecnica, quali quelli bovini-bufalini, suini, ovicaprini e avicoli (polli e tacchini). Da questi sono stati esclusi quelli amatoriali e per autoproduzione.

I dati forniti da ATS riportavano l'ubicazione degli allevamenti, la tipologia e il numero dei capi. I quantitativi di azoto al campo sono stati stimati sulla base dei parametri contenuti nelle tabelle per il calcolo del bilancio dell'azoto di cui all'Allegato 1 del Piano di Azione Regionale per i Nitrati.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi in forma aggregata.

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

Tab. 2 – Dotazione zootecnica nel territorio dei comuni considerati

Comune	BOVINI-BUFALINI		SUINI		OVICAPRINI		AVICOLI	
	N.allevamenti	N. capi	N.allevamenti	N. capi	N.allevamenti	N. capi	N.allevamenti	N. capi
CAMISANO	14	6.703	3	12.136			2	23.940
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	13	3.891	0	0			1	60.000
CASALETTO DI SOPRA	3	735	4	17.150			2	114.040
CASTEL GABBIANO	8	3.847	0	0				
ROMANENGO	10	4.570	2	5.366				
SONCINO	52	12.694	31	84.152	3	534	1	100
TICENGO	5	1.034	4	14.397				
ANTEGNATE	7	3.771	7	30.474	3	53	2	30.729
BARBATA	4	1.602	5	12.798				
CALCIO	10	3.269	5	23.109	1	213	1	16.320
FONTANELLA	26	7.891	9	25.810				
PUMENENGO	12	4.232	3	3.989			1	82.000
TORRE PALLAVICINA	8	1.083	7	33.698	2	667		
<i>Totali</i>	172	55.322	80	263.079	9	1.467	10	327.129

Tab. 3 – Stima di azoto al campo prodotto in allevamenti dei comuni considerati

Comune	BOVINI-BUFALINI Tonn N/anno	SUINI Tonn N/anno	OVICAPRINI Tonn N/anno	AVICOLI Tonn N/anno
CAMISANO	348	157	0	8
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	203	0	0	21
CASALETTO DI SOPRA	39	109	0	40
CASTEL GABBIANO	203	0	0	0
ROMANENGO	235	26	0	0
SONCINO	655	1.526	4	0
TICENGO	52	114	0	0
ANTEGNATE	195	377	0	11
BARBATA	84	195	0	0
CALCIO	172	318	1	6
FONTANELLA	406	266	0	0
PUMENENGO	160	45	0	29
TORRE PALLAVICINA	57	431	5	0
<i>Totali</i>	2.808	3.565	10	114

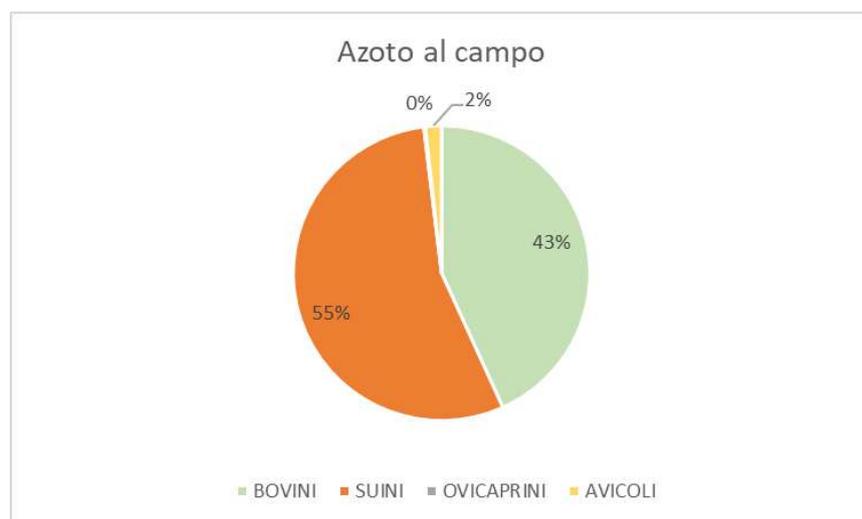


Fig. 2 – Produzione di azoto al campo per tipologia di allevamento

Per quanto riguarda il numero degli allevamenti nel territorio considerato, prevalgono quelli bovini. Tuttavia quelli suini, pur essendo meno, hanno numeri di capi elevati e rappresentano il 55% della produzione di azoto al campo, mentre quelli bovini incidono per la produzione di azoto al campo per il 43%

del totale. Gli allevamenti avicoli influiscono inoltre per il 10%, mentre gli ovicapri risultano di fatto ininfluenti.

La Tavola 1 riporta la localizzazione e classe di grandezza degli allevamenti risultanti dai dati ATS.

SUPERFICI DISPONIBILI PER LO SPANDIMENTO REFLUI

L'area considerata ricade interamente in zona ZVN (Zona Vulnerabile ai Nitrati), con soglia di 170 kg N/anno per lo spandimento.

Le aree disponibili per lo spandimento dei nitrati vengono stimate su base DUSAF 2021, estrapolando le aree censite come agricole, al netto di un buffer di 50 m intorno alle aree abitate.

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi.

Tab. 4 – Rapporto tra l'azoto al campo prodotto negli allevamenti e la superficie comunale disponibile per lo spandimento

Comune	Provincia	Superficie per spandimento (km ²)	Superficie per spandimento (Ha)	Limite massimo N al campo (t/haxanno)	Totale N al campo prodotto in allevamenti	Differenza tra limite spandimento e N prodotto
CAMISANO	CR	9,89	988,99	168,13	514,03	-345,90
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	CR	7,94	794,00	134,98	223,71	-88,73
CASALETTO DI SOPRA	CR	7,60	760,47	129,28	187,44	-58,16
CASTEL GABBIANO	CR	5,05	504,85	85,82	202,54	-116,72
ROMANENGO	CR	12,74	1273,73	216,53	261,38	-44,84
SONCINO	CR	37,60	3760,07	639,21	2184,87	-1545,66
TICENGO	CR	7,17	717,09	121,91	166,06	-44,16
ANTEGNATE	BG	7,96	795,65	135,26	582,91	-447,65
BARBATA	BG	7,28	728,26	123,80	279,72	-155,92
CALCIO	BG	12,89	1288,78	219,09	497,65	-278,56
FONTANELLA	BG	15,30	1530,04	260,11	671,13	-411,03
PUMENENGO	BG	8,39	838,61	142,56	234,22	-91,66
TORRE PALLAVICINA	BG	8,45	845,43	143,72	492,27	-348,55

In tutti i comuni considerati si registra un deficit di terreni disponibili per spandimento degli effluenti rispetto alla dotazione zootecnica complessiva che insiste sul singolo comune. Il gap maggiore si registra in Comune di Soncino, dovuto soprattutto all'elevato numero di suini che risulta concentrato in questo comprensorio territoriale (vd. Tab 2 e 3); il problema appare tuttavia sistemico e diffuso a tutto l'ambito territoriale, evidenziando un totale di 3.977 t di N in eccesso prodotto in tutta l'area considerata.

La Tavola 2 riporta la mappatura delle aree di possibile spandimento di effluenti e digestati nei comprensori comunali considerati.

ANALISI DEL PROBLEMA E DELLE POSSIBILI SOLUZIONI

Dalla situazione sopra descritta emerge chiaramente che la mancata proporzione tra la dotazione zootecnica del territorio e l'estensione di suolo disponibile per lo spandimento degli effluenti.

Il problema è già noto ed ha trovato trattazione, su scala regionale, in diversi studi e progetti promossi e coordinati dalla stessa Regione Lombardia (ad es. Life HelpSoil, Life Soil4Life). Dai dati riportati nel "Rapporto sull'uso delle matrici organiche" (Ersaf, 2017 – Life Soil4Life) si evidenzia che la Regione Lombardia è la prima regione italiana per allevamenti di bovini e suini, che rappresentano rispettivamente circa il 30% e il 52% dei capi allevati in Italia. Rappresenta quindi un indotto socioeconomico strategico e non eliminabile a livello nazionale. Nell'ambito regionale il rapporto evidenzia una concentrazione degli allevamenti nella pianura centro-orientale che genera di conseguenza un surplus di nutrienti. Sempre su

scala regionale viene stimato che l'agricoltura lombarda immetta nell'ambiente oltre 100.000 t/anno di N reattivo (nitrati, ammoniaca, protossido di azoto) e oltre 15.000 t/anno di P in eccesso. ***“Si palesa quindi la necessità di ridurre la pressione zootecnica in queste aree attraverso la delocalizzazione degli effluenti o l'applicazione di sistemi di trattamento degli effluenti che consentano l'estrazione/recupero dei nutrienti stessi”.***

Il compostaggio dell'effluente e dei digestati rappresenta una possibile modalità di riduzione dell'impatto contemplata e analizzata dallo stesso progetto Soil4Life, in quanto funzionale a una **duplice obiettivo**:

- 1) ridurre sensibilmente la componente azotata presente negli effluenti di allevamento
- 2) stabilizzarne la sostanza organica presente nell'effluente o digestato, favorendo un maggiore potere ammendante del compost prodotto rispetto alle matrici di partenza e una maggiore efficacia nell'aumentare lo stock di sostanza organica nei suoli (N.B. L'impoverimento progressivo di sostanza organica nei suoli agricoli, per effetto di pratiche colturali molto intensive, rappresenta infatti l'altra grande emergenza nota dei suoli lombardi).

Attraverso il processo di compostaggio, che in Italia avviene tradizionalmente in impianti dedicati mediante processi aerobici, anaerobici o a ciclo misto, FORSU, fanghi di depurazione, reflui zootecnici, vengono avviati a recupero e trasformati in fertilizzante organico, un prodotto di qualità, ricco di sostanza organica ed elementi nutritivi. Il compost può rappresentare un'opportunità per il settore agricolo in quanto, se utilizzato come fertilizzante, permette di sopperire al continuo depauperamento della sostanza organica nel terreno dovuto alle pratiche colturali intensive e all'utilizzo non ottimale dei concimi minerali. In Italia la produzione e la commercializzazione del compost è regolata dal Decreto Legislativo e successive modificazioni, con particolare al Decreto del 2 febbraio 2022 del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. Il D.Lgs. n. 75/2010 classificava il compost generato dal trattamento della FORSU, dei fanghi, degli effluenti, viene classificato come Ammendante Compostato Misto (ACM); questo si differenzia dall'Ammendante Compostato Verde (ACV) che si ottiene esclusivamente dal processo di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici costituiti da scarti della manutenzione del verde ornamentale, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale con esclusione di alghe e altre piante marine. Il Decreto 2 febbraio 2022 introduce un tipo più specifico, *l'Ammendante compostato da scarti della filiera agroalimentare*, che viene così descritto: *“Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti dal digestato da trattamento anaerobico di fanghi agroindustriali, da reflui e fanghi agroindustriali, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agroindustriali e da lavorazione del legno e del tessile naturale non trattati, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde”*

Attraverso gli interventi e le azioni del PIA, è stata testata l'introduzione del processo di compostaggio (o stabilizzazione organica) in due aziende agricole dell'area, entrambe dotate di un proprio digestore aziendale, con produzione di un compost ascrivibile alla categoria di Ammendante Compostato Misto o Ammendante Compostato da Scarti della Filiera Agroalimentare. Il funzionamento, a livello aziendale, del sistema di compostaggio è stato analizzato dal punto di vista tecnico (cicli di massa e azoto) ed economico (effetti dell'inserimento di questa tecnica sui bilanci aziendali) (vd. PARTE 2 *“Approfondimenti e analisi dei procedimenti aziendali nelle aziende partner che hanno installato impianti di compostaggio”*).

Dagli approfondimenti svolti nelle aziende interessate è stato possibile concludere che gli impianti hanno una capacità di lavoro tale da poter produrre fino a 4000 t/anno di compost. Nel processo è stato possibile

evidenziare una elevata riduzione di massa e volume (pari mediamente al 70%) e una consistente riduzione media di azoto di circa il 60% dell'azoto proveniente dalle matrici iniziali. La riduzione di azoto è spiegata dal punto di vista biochimico dall'attività delle specie batteriche attive nel processo aerobico con produzione di N_2 , senza quindi emissione di specie gassose di N dannose (NH_3 o ossidi di azoto).

La gestione ordinaria del procedimento appare inoltre estremamente semplice e poco costosa, quindi più facilmente integrabile nell'ordinaria gestione di un'azienda agricola rispetto ad altre tecnologie possibili di riduzione dell'azoto. Anche il costo dell'investimento iniziale appare meno costoso rispetto ad altre tecnologie, quali ad esempio gli impianti "nitro-denitro" che operano in ambiente anaerobico a valle dei digestori, e che hanno costi di installazione 3-4 volte maggiori a quelle degli impianti di compostaggio oltre a difficoltà e costi molto maggiori di gestione ordinaria.

Gli effetti positivi ambientali ed economici dell'inserimento degli impianti di compostaggio in aziende agricole zootecniche, ricadono sia sull'azienda che installa l'impianto che su quelle intorno: infatti gli impianti installati hanno una teorica capacità di lavoro che consente la lavorazione di matrici di origine zootecnica provenienti anche da allevamenti vicini. Il prodotto finale del procedimento è un Ammendante Compostato Misto (ACM) di elevatissima qualità, in quanto proveniente da sole matrici zootecniche e vegetali adsorbenti (tipo paglie), senza inserimento di matrici inquadrare come rifiuto (D.Lgs. 75/2010). L'elevata qualità dell'ACM prodotto lo rende particolarmente appetibile sul mercato degli ammendanti e diffondibile in settori di produzione agricola estremamente intensivi quali le produzioni orticole in serra, o frutticolo e vitivinicole. Queste ultime produzioni appaiono estremamente depauperanti in termini di sostanza organica nei suoli, in quanto alle aziende produttrici manca completamente la parte zootecnica e quindi manca la possibilità di restituzione al suolo degli adeguati apporti di sostanza organica.

La produzione di compost da parte di aziende agricole zootecniche e la sua cessione ad ambiti di produzione vegetale intensiva consente di riaccoppiare le due componenti vegetale e zootecnica che si sono trovate separate per effetto dell'iper-specializzazione delle aziende agricole che ha caratterizzato la crescita del settore dal dopo-guerra in avanti. Tale *iper-specializzazione* delle aziende agricole, infatti, se da un lato ha semplificato la gestione aziendale (sul modello di specializzazione industriale) ha tuttavia generato effetti territoriali deleteri in quanto ha comportato la formazione da un lato di aziende zootecniche senza suolo e produzioni vegetali proporzionate (quindi con eccesso di matrice organica azotata da smaltire) e dall'altro lato di aziende vegetali senza più la parte zootecnica che possa adeguatamente compensare le asportazioni colturali, con effetto di impoverimento della dotazione di di sostanza organica e di fertilità dei suoli.

Il compost si presta più delle matrici di partenza alla cessione e utilizzo su colture vegetali specializzate in quanto è stabile, inerte, facile da trasportare e sicuro dal punto di vista igienico (infatti il processo di stabilizzazione aerobica comporta il raggiungimento di elevate temperature, intorno al 65-70 °C, che costituisce una sorta di "pastorizzazione" della massa organica, con eliminazione di coliformi e altri batteri potenzialmente patogeni).

ANALISI DEGLI SCENARI

Di seguito si analizzano gli effetti di due scenari teorici di diffusione su scala territoriale del procedimento di stabilizzazione organica (o compostaggio) di effluenti o digestati originati da allevamenti bovini e suini.

Nel primo scenario (puramente teorico) si analizza cosa accadrebbe in termini di ricadute ambientali se si compostasse l'intero effluente proveniente da allevamenti bovini e suini censiti sull'area di indagine. Nel secondo scenario (più realistico) si analizzano gli effetti nel caso in cui si compostasse l'intera frazione palabile e il separato solido provenienti dagli allevamenti bovini e suini censiti.

SCENARIO I

Immaginando di estendere a tutti gli allevamenti bovini e suini il trattamento di stabilizzazione organica degli effluenti e digestati prodotti dal settore zootecnico dell'area di indagine del PIA, e ipotizzando un abbattimento di azoto pari al 60% rispetto alle matrici originarie, si potrebbe raggiungere un abbattimento dell'azoto complessivo quantificabile come da tabelle seguenti:

Tab. 5 – Rapporto tra la superficie comunale disponibile per lo spandimento e l'azoto proveniente da allevamenti a seguito di teorico abbattimento da compostaggio di tutti gli effluenti e/o digestati da allevamenti bovini e suini.

Comune	Provincia	Superficie per spandimento (km ²)	Superficie per spandimento (Ha)	Limite massimo N al campo (t/haxanno)	Totale N al campo prodotto dopo abbattimento (t)	Differenza tra limite spandimento e N prodotto
CAMISANO	CR	9,89	988,99	168,13	210,64	-42,51
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	CR	7,94	794,00	134,98	102,09	32,90
CASALETTO DI SOPRA	CR	7,60	760,47	129,28	98,92	30,35
CASTEL GABBIANO	CR	5,05	504,85	85,82	81,02	4,81
ROMANENGO	CR	12,74	1273,73	216,53	104,55	111,98
SONCINO	CR	37,60	3760,07	639,21	876,19	-236,98
TICENGO	CR	7,17	717,09	121,91	66,42	55,48
ANTEGNATE	BG	7,96	795,65	135,26	239,84	-104,58
BARBATA	BG	7,28	728,26	123,80	111,89	11,92
CALCIO	BG	12,89	1288,78	219,09	203,37	15,72
FONTANELLA	BG	15,30	1530,04	260,11	268,45	-8,35
PUMENENGO	BG	8,39	838,61	142,56	110,91	31,66
TORRE PALLAVICINA	BG	8,45	845,43	143,72	199,68	-55,96

In questo scenario teorico, **il quantitativo di azoto in eccesso prodotto dagli allevamenti diminuirebbe da 3.977 t/anno a 153 t/anno** e dell'azoto rimasto a seguito di compostaggio, una quota di oltre 80 % risulta organico (quindi stabile e non dilavabile).

Se si considera inoltre che **buona parte dell'ammendante compostato così prodotto può essere ceduto** (in modo molto più facile e produttivo rispetto alle matrici originarie) ad ambiti territoriali esterni, benché limitrofi, dove prevalgono le colture vegetali intensive (es. poli produttivi orticoli di quarta gamma o consorzi vitivinicoli dell'area bergamasca e bresciana), si intravede una **possibile strategia per ricondurre la situazione entro parametri di sostenibilità ambientale**.

Si evidenzia tuttavia la natura assolutamente teorica di tale scenario, in quanto la stabilizzazione della frazione liquida presuppone un utilizzo di matrici assorbenti (quali paglie e stocchi) pari a circa 1 q.le/mc, imponendo la gestione di quantitativi di masse organiche tali da risultare poco realistica, sia dal punto di vista tecnico che economico.

SCENARIO II

Lo scenario risulterebbe molto più realistico ipotizzando il compostaggio della sola frazione solida, sul modello di quanto sperimentato nelle aziende partner del PIA.

In termini di massa, si stima che gli allevamenti bovini e suini censiti nell'area di indagine possano produrre un quantitativo di effluente pari a circa 2.138.000 t/anno, delle quali 1.900.000 t di liquame e 238.000 t di palabile (vd. Tabella 6).

Ipotizzando di trattare in impianti di compostaggio di dimensioni e tipologia analoghi a quelli analizzati nel PIA tutta la frazione palabile e il separato solido ricavabile dalla separazione della frazione liquida, otterremmo indicativamente **173.230 t/anno di compost, per un equivalente di azoto finale (per la maggior parte stabile) pari a 678 t/anno**, registrando una riduzione di azoto pari a oltre 1000 t/anno rispetto alle matrici in ingresso. Ipotizzando di vendere all'esterno la metà del compost prodotto, la riduzione sarebbe pari a 1340 t/anno. Considerando infine che l'80% dell'azoto presente nel compost è organico, e quindi stabile e non dilavabile, **il quantitativo eccedente di azoto prodotto, fonte di potenzialmente rischio ambientale, si ridurrebbe da 3.977 t a 2.365 t/anno** ($3.977 - 1.340 - 340 \times 0,8 = 2.365$).

Per il raggiungimento di tale obiettivo sarebbe necessaria l'installazione di **una novantina di impianti di compostaggio** del tipo di quelli installati nel PIA (con dimensioni standard di circa 100 m di lunghezza, 5 m di larghezza e 2 m di altezza). Dato il numero di allevamenti censiti nell'area di indagine (172 bovini e 80 suini), basterebbe **meno di un terzo degli allevamenti esistenti** si dotasse di impianto di compostaggio.

Sarebbero inoltre necessari anche una ventina di impianti mobili di separazione che possano recarsi presso le aziende conferitrici che non hanno impianto di compostaggio né di separazione, in modo da ricavare la frazione palabile.

In alternativa si potrebbero realizzare impianti più grandi, capaci di gestire il doppio delle masse. In questo caso il numero di impianti necessari potrebbe essere dimezzato.

PROGETTO INTEGRATO D'AREA

Agricoltura sostenibile e valorizzazione delle risorse naturali nella fascia dei fontanili tra Oglio e Serio

La seguente Tabella 6 riassume i calcoli eseguiti per la stima sopra richiamata.

Tab. 6 – Effetti di scenario con trattamento di sola frazione palabile e separato solido.

Comune	BOVINI liquame (t/anno)	BOVINI palabile (t/anno)	SUINI liquame (t/anno)	SUINI palabile (t/anno)	Totali
CAMISANO	79.136	5.428	54.411	8.573	147.548
CASALE CREMASCO-VIDOLASCO	46.075	3.179	0	0	49.254
CASALETTO DI SOPRA	8.805	621	34.893	9.209	53.529
CASTEL GABBIANO	46.087	3.251	0	0	49.338
ROMANENGO	60.224	3.859	8.049	2.683	74.816
SONCINO	156.670	10.056	538.028	70.565	775.319
TICENGO	12.568	756	37.639	8.308	59.272
ANTEGNATE	46.536	2.985	129.976	21.067	200.565
BARBATA	20.033	1.354	68.252	9.793	99.432
CALCIO	40.879	2.762	110.508	16.802	170.951
FONTANELLA	96.772	6.316	90.155	16.464	209.707
PUMENENGO	36.103	6.984	15.497	2.653	61.237
TORRE PALLAVICINA	13.543	915	148.725	23.641	186.824
Totali	663.431	48.467	1.236.135	189.758	2.137.790
<i>Espressi in mc:</i>	663.431	67.853	1.236.135	265.661	
<i>Solido da separazione (efficienza del 25%)</i>	165.858		309.034		
<i>Totale matrice solida da trattare con compostaggio (mc)</i>	233.711		574.694		808.406
<i>N. impianti compostaggio delle dimensioni standard*</i>	26		64		90
<i>* 100 m x 5m x 2 m</i>					
<i>Su 4 cicli possono trattare fino a 9000 mc/anno</i>					
<i>Totale matrice solida da trattare espresso in tonnellate (t)</i>	166.937		410.496		577.433
<i>Contenuto di N in matrici di partenza (t)</i>	668		1.026		1.694
<i>Massa di compost ricavabile (t)</i>	50.081		123.149		173.230
<i>Azoto rimasto in compost (t), di cui 80% stabile</i>	267		410		678
<i>Azoto rimasto in compost (t), di cui 80% stabile, in caso di vendita all'esterno del comparto del 50% di compost</i>	134		205		339

Dal punto di vista economico, sempre rimanendo in questo secondo scenario, la vendita di circa 90.000 t di compost all'anno (pari a circa la metà di quello prodotto), a un prezzo di 40 €/t (prudenzialmente basso), genererebbe un ricavo pari a 3.600.000 €.

Parrebbe quindi esistere un margine sufficiente a sostenere la gestione ordinaria e il funzionamento di un apposito soggetto consortile che possa gestire e coordinare su scala sovra-aziendale e territoriale il meccanismo di reperimento delle matrici, lavorazione negli impianti aziendali aderenti al consorzio e commercializzazione del compost, con l'obiettivo di migliorarne sempre di più la sua valorizzazione e fornire alle aziende partner vantaggi di ordine economico e gestionale.

CONCLUSIONI

L'analisi delle caratteristiche del comparto zootecnico e la stima del potenziale impatto ambientale derivante dall'apporto di azoto al campo evidenziano nell'area di indagine una situazione fortemente critica, a causa della mancata proporzione tra la densità zootecnica censita e la disponibilità di suolo disponibile per lo spandimento degli effluenti. Appare evidente quindi la necessità di individuare strategie

di gestione dell'effluente, su scala territoriale, che aiutino a ridurre l'impatto. Il procedimento di stabilizzazione biologica o compostaggio degli effluenti o di parte di questi, così come testato attraverso il PIA in alcune realtà aziendali, offre uno strumento per la riduzione dei quantitativi di azoto negli effluenti e rappresenta un procedimento relativamente semplice e poco costoso, nella sua gestione ordinaria, prestandosi per questo a una diffusione su scala territoriale.

Le potenzialità offerte di riduzione dell'impatto su scala territoriale sono state stimate attraverso la simulazione di scenari teorici, dai quali emerge che se poco meno di un terzo degli allevamenti bovini e suini censiti sull'area di indagine si dotasse di un impianto di compostaggio analogo a quelli realizzati nel PIA, si raggiungerebbe una riduzione di oltre il 40% dell'impatto da carico di azoto. La commercializzazione di metà del compost prodotto fornirebbe inoltre un margine economico riutilizzabile sul territorio per gestire con logica consortile il procedimento, generando per le aziende zootecniche locali diversi vantaggi economici e gestionali. La nascita di un soggetto di tipo consortile rappresenta infatti una delle prospettive oltre la conclusione del PIA, che il PIA stesso ha generato e avviato, considerandolo un importante obiettivo.

ALLEGATI CARTOGRAFICI

- Tavola 1: localizzazione e classi di grandezza degli allevamenti censiti su base dati ATS
- Tavola 2: localizzazione cartografica di ambiti di possibile spandimento di effluenti e digestati

Riferimenti bibliografici

- Tabelle di cui ad Allegato del *“Programma d’Azione regionale per la protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della Direttiva nitrati 91/676/CEE”* – Regione Lombardia –
- *“Linee guida regionali per la protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone non vulnerabili ai sensi della Direttiva nitrati 91/676/CEE”* – Regione Lombardia
- *“Progetto di Monitoraggio Ambientale su tutto il Territorio della Regione Lombardia (Progetto Soil) - Indagine conoscitiva della qualità e dello stato di salute dei suoli lombardi”*; G.M. Beone, R.M. Cenci, L. Guidotti, F. Sena, G. Umlauf - Report EUR 27161 IT, 2015
- Programma REMO – *Rete nazionale monitoraggio della biodiversità e del degrado dei suoli* - Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane - ISPRA – Quaderni Natura e Biodiversità- 2012
- SOILQUALIMON *Sistema di monitoraggio della qualità dei suoli in Lombardia* – Ersaf e M.A.C. – 2010
- SOIL4LIFE- *Rapporto sull’uso delle matrici organiche in Lombardia* – 2019