



GRUPPO RICICLA

DI.PRO.VE. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Via Celoria, 2 - 20133 - MILANO (MI)

Tel. +39 02 503 16545 Fax + 39 02 503 16521 - e-mail: fabrizio.adani@unimi.it

Prof. Fabrizio Adani

Milano 01/10/2009

“Digestato: criteri di valutazione per il riutilizzo in agricoltura, una proposta del Gruppo RICICLA del Di.Pro.Ve”.

Fabrizio Adani e Giuliana D'Imporzano

GRUPPO RICICLA

DiProVe– università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano

1. INTRODUZIONE

Aspetto non trascurabile nella sostenibilità economico-ambientale della filiera “biogas” è la valorizzazione del residuo della digestione anaerobica comunemente chiamato digestato: infatti, la possibilità di avere un prodotto ad elevato potere fertilizzante permette di ridurre i costi relativi al suo “smaltimento” **ma, soprattutto, diviene strumento concorrenziale, in fatto di costi e di compatibilità ambientale, delle attività agricole e zootecniche. Identificare il digestato come un vero e proprio fertilizzante, permette anche di uscire dal solo orizzonte aziendale e di promuovere azioni volte alla valorizzazione di questa risorsa anche fuori dalla propria azienda agricola, permettendo al territorio di fare “sistema” e promuovendo una logica di filiera produttiva a ciclo chiuso e di protezione dell’ambiente in una visione al passo coi tempi e con le esigenze ambientali ormai non più procrastinabili, che sempre più suggeriscono un approccio “green” dell’agricoltura moderna.**

L'utilizzo agronomico del digestato quale fertilizzante, non deve tener conto solo del semplice apporto di elementi di fertilità in sostituzione dei concimi di sintesi, ma anche della possibilità di chiusura del ciclo del carbonio e dei nutrienti che sono la chiave di lettura di un'agricoltura sostenibile che riporta la centralità del recupero di materia quale mezzo di sostentamento della produzione agraria (Giusquiani et al 1995; Borken 2004a).

L'acquisizione da parte del digestato di uno status di "fertilizzante" che possa godere della fiducia degli operatori agricoli e della popolazione, passa attraverso un attento esame delle caratteristiche chimiche e biologiche del materiale, nonché delle implicazioni ambientali legate al suo utilizzo. In particolare una completa caratterizzazione del digestato deve considerare i seguenti aspetti:

- proprietà fertilizzanti che ne giustifichino l'utilizzo;
- impatto odorigeno;
- aspetti igienico-sanitari;
- aspetti di protezione dell'ambiente.

Di seguito sono riportate le osservazioni e le proposte del Gruppo RICICLA del Di.Pro.Ve per verificare la fattibilità di utilizzo del digestato in agricoltura e definire dei criteri di qualità applicabili al digestato, che tengano conto del valore fertilizzante e degli impatti ambientali. I criteri proposti si basano sui dati raccolti sul campo e sul lavoro di ricerca condotto presso il Gruppo RICICLA del Di.Pro.Ve.

2. PROPRIETÀ CONCIMANTI ED AMMENDANTI CHE GIUSTIFICANO L'UTILIZZO DEL DIGESTATO IN AGRICOLTURA.

Anche se poco è disponibile in letteratura circa le caratteristiche "agronomiche e chimico-agrarie" del digestato, un elevato contenuto in elementi fertilizzanti in forme prontamente disponibili, quali N-NH₄, H₃PO₄ e altre forme di P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e SO₄²⁻, in primis (Schievano et al., 2008) suggeriscono un suo l'utilizzo quale fertilizzante a pronto effetto, in alternativa ai tradizionali fertilizzanti chimici (Soresen et al 2008). La maggior disponibilità delle forme dell'azoto presenti nel digestato, frutto delle complesse bio-trasformazioni che avvengono durante il

processo biologico (Sorensen et al 2008), configurano il digestato quale fertilizzante azotato a pronto effetto, la cui efficienza non si discosta dai tradizionali concimi minerali di sintesi quali, urea e solfato ammonico. Non meno importante risulta la presenza di meso-elementi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} etc.) e di oligoelementi nel digestato, che gli conferiscono quelle proprietà di “*fertilizzante completo ed equilibrato*” alla base dello sviluppo di un’agricoltura più sostenibile.

Con riferimento al titolo in azoto, per poter definire il digestato un fertilizzante azotato assimilabile ad uno di sintesi, e quindi utilizzabile liberamente a “bilancio d’azoto” riteniamo utile che il contenuto di azoto ammoniacale non sia inferiore al 70-80% dell’azoto totale. Infatti, tanto più è presente nel digestato azoto organico e non ammoniacale, tanto più il digestato si configura come concime azotato a lento rilascio (fertilizzante azotato organico e non minerale).

Un obiettivo di tale tipo è raggiungibile solo attraverso la digestione anaerobica, seguita dalla separazione solido-liquido ed dallo stoccaggio in vasche chiuse e successivo utilizzo con interrimento immediato o iniezione. In siffatte condizioni, si ottengono due prodotti che assumono significato diverso in termini di valore fertilizzante (Figure 1-5):

- la frazione liquida ad elevato valore nutritivo, che contenendo elementi nutritivi in forma minerale, N-NH_4 , H_3PO_4 e altre forme di P, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e SO_4^{2-} , **è assimilabile ad un fertilizzante minerale in soluzione acquosa in cui la presenza, anche, di oligoelementi conferisce completezza nutrizionale.**
- La frazione liquida presenta un elevato titolo di azoto ammoniacale (> 75 %) ed un rapporto N/P elevato (Figure 3-5). Tali caratteristiche permettono l’utilizzo di tale frazione in totale **equivalenza e sostituzione** dei fertilizzanti minerali azotati, consentendo al contempo anche apporto di P e K nei rapporti richiesti dalla pianta oltre ad una serie oligoelementi. Tutto ciò comporta un risparmio economico ed una maggior protezione dell’ambiente.
- la frazione solida, che presenta buone proprietà ammendanti soprattutto se ulteriormente trattata per mezzo del compostaggio; tale frazione risulta di grande utilità per ripristinare il bilancio umico dei suoli, soprattutto nei suoli Italiani e padani che hanno perso negli ultimi 50-60 anni circa il 50% del contenuto di sostanza organica totale.

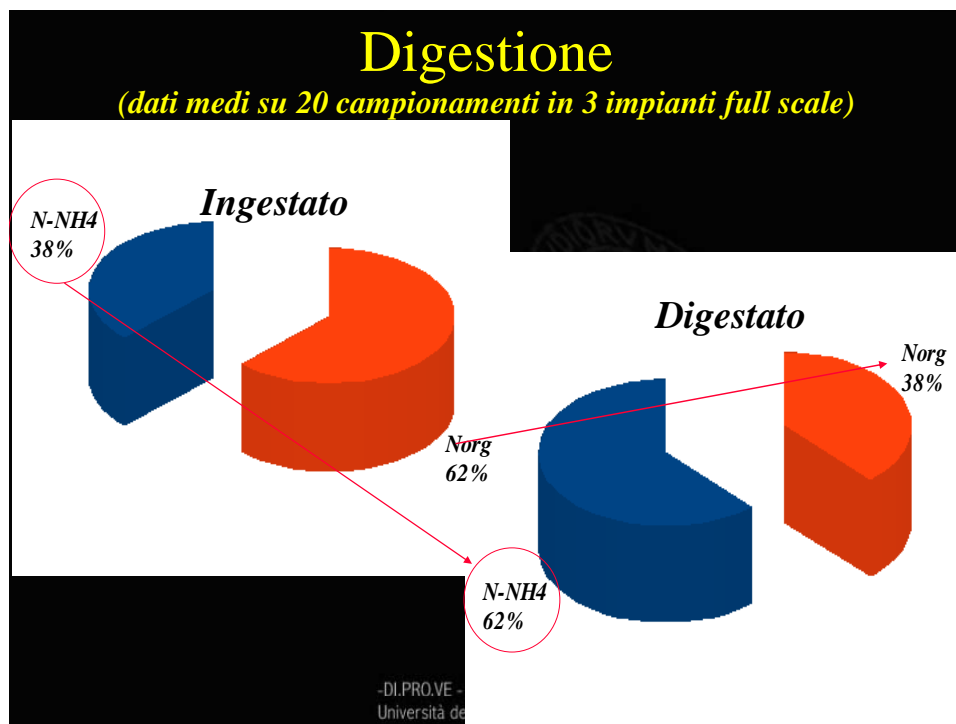


Figura 1. Ripartizione dell'azoto nelle forme minerale (ammoniacale) e organica in digestati.

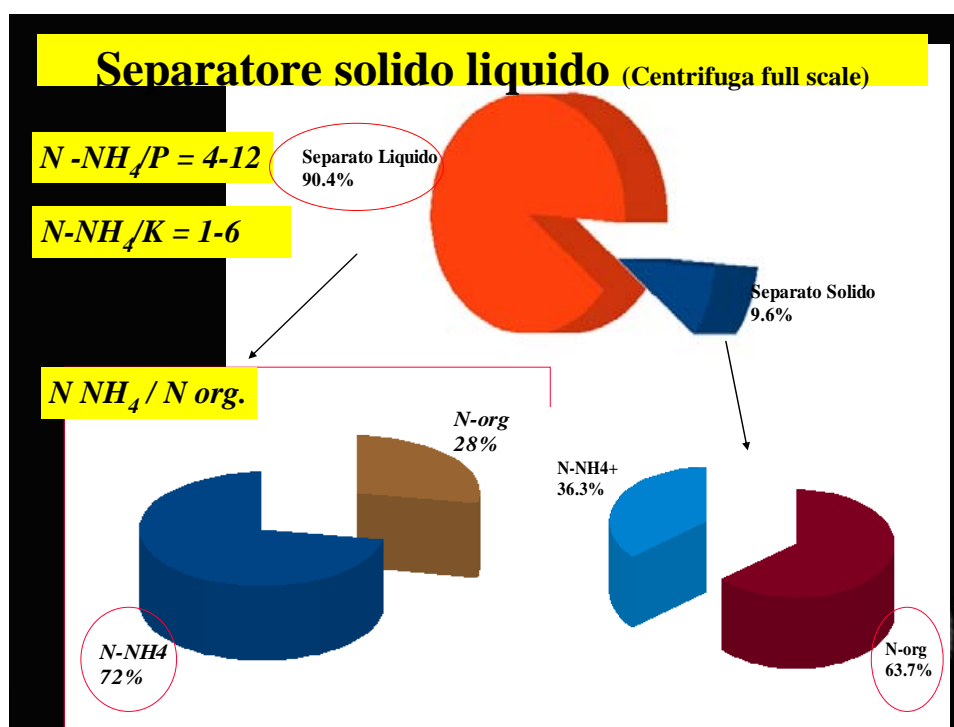


Figura 2. Ripartizione dell'azoto nelle forme minerale (ammoniacale) e organica in separati liquidi (percentuali in peso fresco).

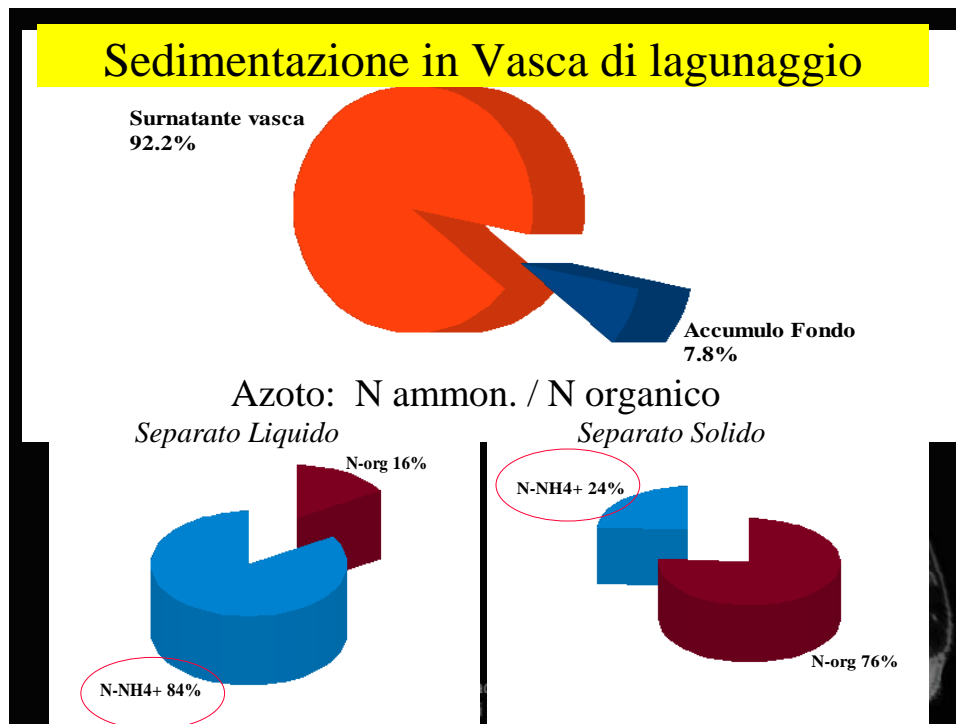


Figura 2. Ripartizione dell'azoto nelle forme minerale (ammoniacale) e organica in separati solidi.

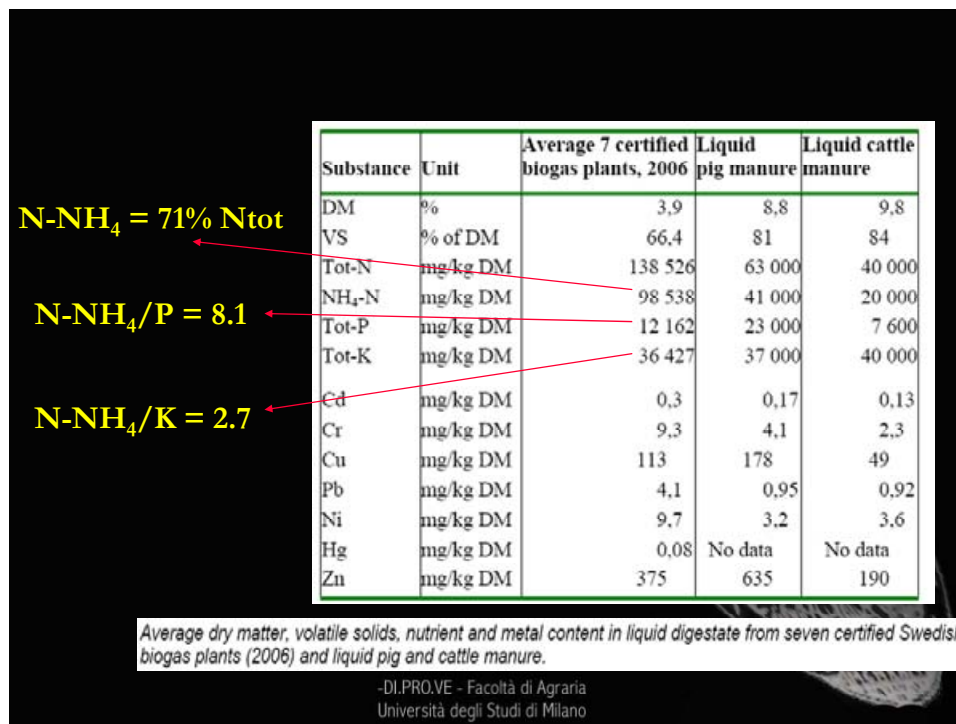


Figura 4. Ripartizione dell'azoto nelle forme minerale (ammoniacale) e organica in separati liquidi e solidi.

Esperienza svedese di utilizzo della frazione DL in sostituzione di fertilizzanti inorganici (da Lena et al., 2006)

Table 1. Calculated dry matter and nutrient content (wet basis) in solid and liquid digestate, when the biogas plant has reached steady state and running according to plan

	Solid digestate	Liquid digestate
Dry matter, %	25	2.5
N-tot, kg/tonne	10.9	4.8
Organic-N, kg/tonne	7.7	1.2
NH ₄ -N, kg/tonne	3.2 N-NH ₄ = 29% Ntot	3.6 N-NH ₄ = 75% Ntot
P, kg/tonne	2.4 N/P = 4.5	0.4 N-NH ₄ /P = 9
K, kg/tonne	3.8 N/K = 2.8	4.2 N/K = 1.16

-DI.PRO.VE - Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Milano

Figura 5. Ripartizione dell'azoto nelle forme minerale (ammoniacale) e organica in separati liquidi e solidi.

3. SICUREZZA AMBIENTALE E SALUBRITÀ DEL DIGESTATO.

La corretta e virtuosa valorizzazione agronomica del digestato discende in primo luogo da una necessità di protezione dell'ambiente. Tale osservazione è particolarmente importante in quanto, in passato, si è sempre vista **l'opportunità di utilizzo del digestato in agricoltura come una causa di disturbo dell'ambiente**, frutto della mancanza di informazioni corrette e dati scientifici. Al contrario, l'utilizzo del digestato in agricoltura, **più che un'opportunità di utilizzo di un fertilizzante "naturale" offre la possibilità di una forte riduzione degli impatti prodotti dall'attività agricola**. Quanto affermato si sintetizza in 6 punti.

- 1) Emissioni di metano e gas serra: il corretto utilizzo dei reflui dopo digestione anaerobica e restituzione del materiale al suolo, permette un significativo

abbattimento delle emissioni di metano contribuendo alla riduzione, su scala Nazionale all'emissione di GHG (Fig. 6).

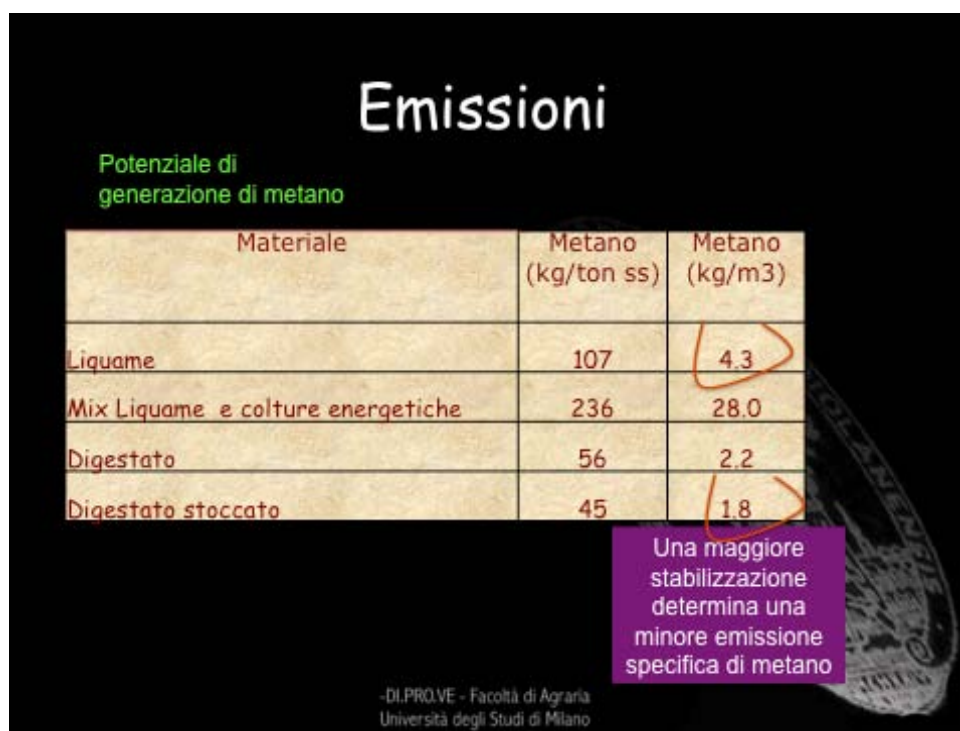


Figura 6. Riduzione delle emissioni di metano in seguito a digestione anaerobica ed utilizzo del digestato in agricoltura

2) Riduzioni delle emissioni di ammoniaca: i fattori che influenzano le emissioni di ammoniaca dopo la distribuzione in campo sono la viscosità del mezzo e il pH. La digestione anaerobica eleva il pH del mezzo (maggiore possibilità di volatilizzazione), ma determina una minore viscosità, ancor più evidente nel caso di utilizzo del separato liquido (Figura 7). E' evidente quindi che un corretto utilizzo del separato liquido per "iniezione" consente la forte riduzione dell'emissione di ammoniaca (paragonabile a quanto avviene con l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi, es. urea o solfato ammonico). Vi è da aggiungere che la rapida infiltrazione del digestato liquido e la presenza di ammoniaca sotto forma dello ione idrato ammonio (NH_4^+), permette una sua rapida immobilizzazione sui siti di scambio dei colloidi del suolo.



Figura 7. Effetti della digestione anaerobica sulla volatilizzazione di ammoniaca dal suolo.

3) Emissioni di N_2O : le emissioni di protossido di azoto sono funzione della quantità di azoto applicata al suolo (Bowman 1994) d'altro canto, la presenza di sostanza organica facilmente biodegradabile rendono il potenziale di emissione, più elevato (Granly and Bockman,1994). Il digestato è un materiale organico fortemente stabilizzato, recalcitrante, in seguito ai processi di stabilizzazione operati dalla digestione anaerobica; inoltre, l'utilizzo del separato liquido, riducendo ancor di più l'apporto di frazione organica in concomitanza dell'apporto di azoto, contribuisce alla riduzione dell'emissioni di N_2O (Figura 8).

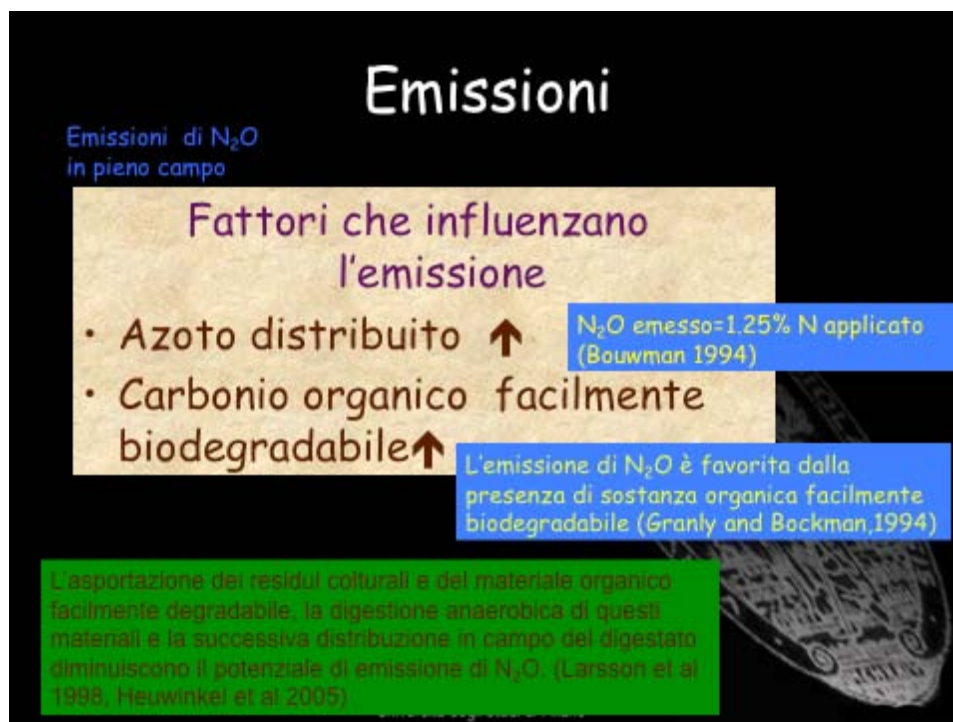


Figura 8. Fattori che esaltano o riducono le emissioni di N_2O .

4) Riduzione grazie al recupero di unità fertilizzanti (sostituzione di unità fertilizzanti di sintesi).

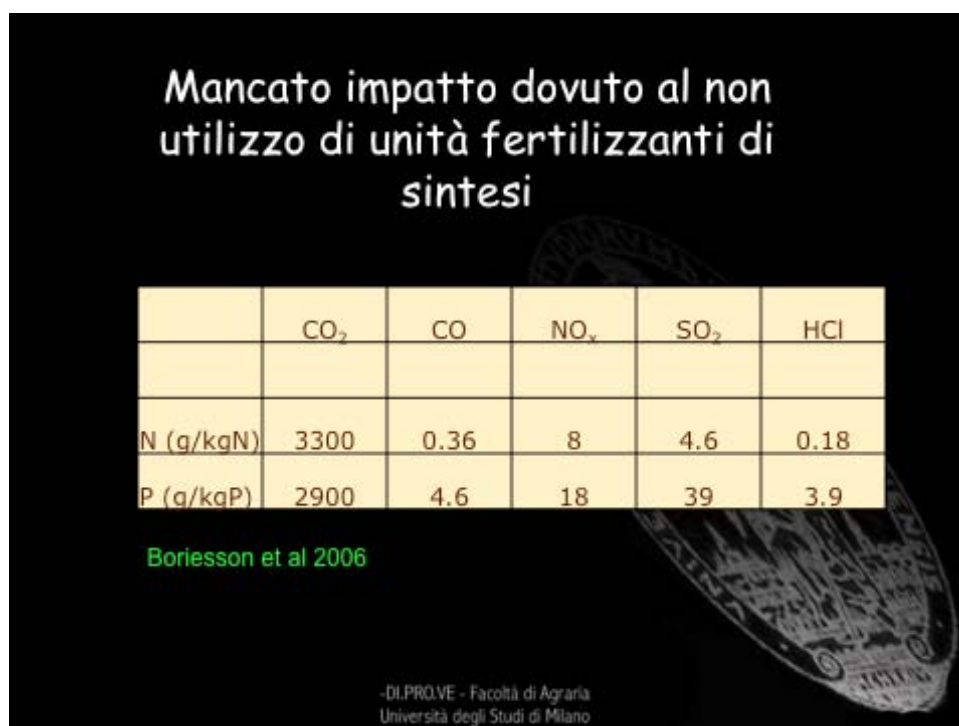


Figura 9. Mancate emissioni in seguito all'utilizzo di unità fertilizzanti derivate da digestato in loco di unità fertilizzanti di sintesi.

Il recupero e la valorizzazione di unità di azoto e di fosforo, possibile con un utilizzo virtuoso del digestato e del separato liquido in particolare, determinano una *non emissione* di anidride carbonica, monossido di carbonio, ossidi di azoto e zolfo e acido cloridrico e sostanze coinvolte nei fenomeni di riscaldamento globale e acidificazione (Figura 9).

5) Distribuzione di materiale organico stabilizzato e igienizzato: Sicurezza nei confronti della popolazione significa basso contenuto di microrganismi indicatori di situazioni di rischio per la salute pubblica e comunque, simili a quelli di altre biomasse liberamente utilizzabili e commercializzabili (es. compost). La digestione anaerobica permette la stabilizzazione e l'abbattimento della carica microbica dei materiali di partenza (Figure 10-12).

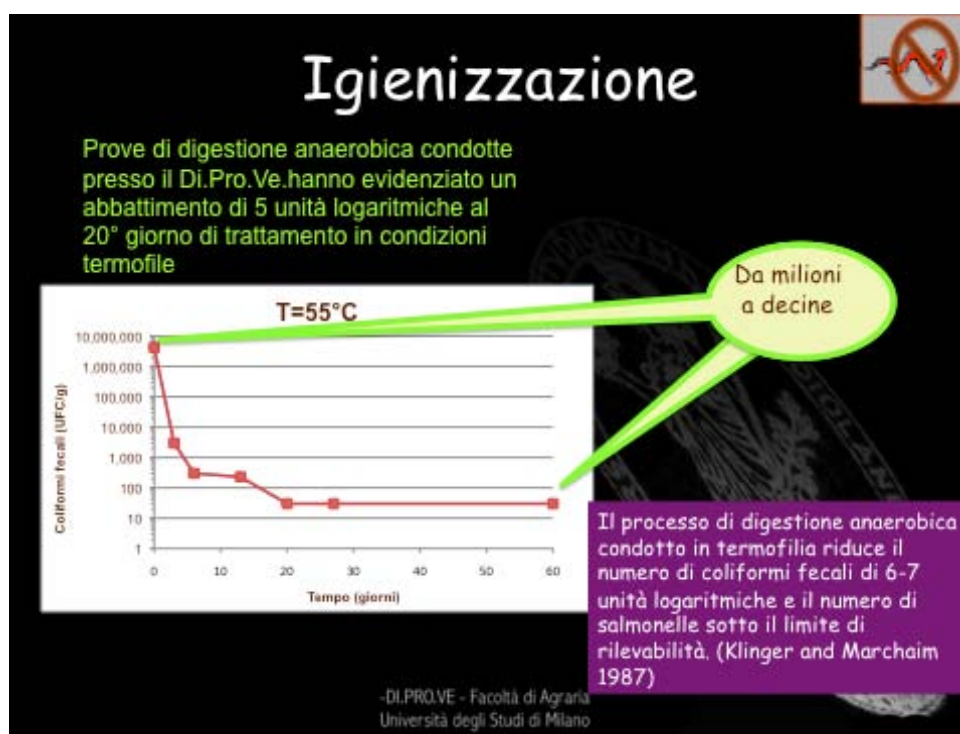


Figura 10. Effetto della digestione anaerobica sulla riduzione di patogeni: condizioni di termofilia.

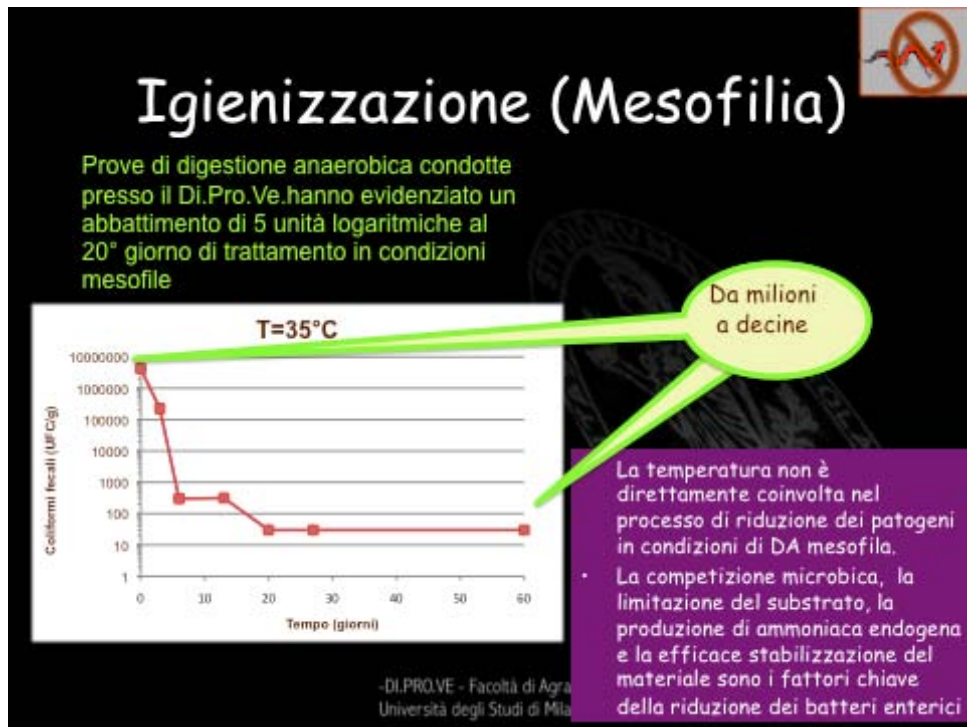


Figura 11. Effetto della digestione anaerobica sulla riduzione di patogeni: condizioni di mesofilia.

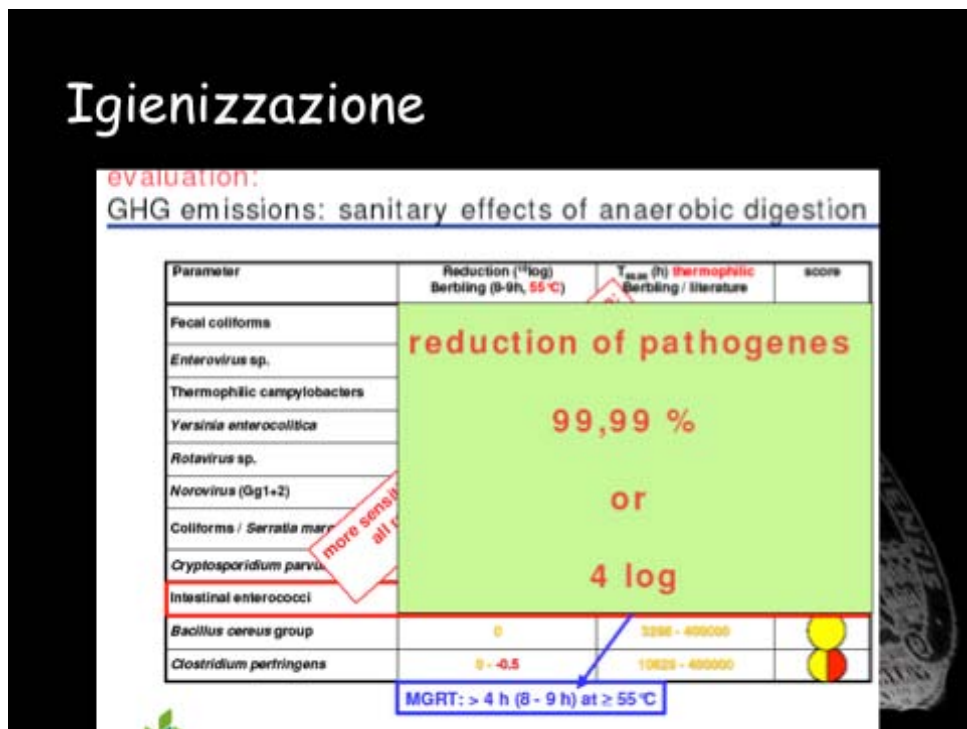


Figura 11. Riduzione del contenuto di diversi patogeni in seguito a digestione anaerobica.

6. Riduzione dell'impatto odorigeno. La produzione di odori risulta un problema reale nel riutilizzo di reflui di allevamento. La digestione anaerobica, in seguito ai complessi processi biologici che la caratterizzano, determina una forte riduzione delle "putrescibilità della frazione organica". Tale effetto ha un riflesso diretto sulla disponibilità di nutrimento per i microorganismi che, in condizioni anaerobiche, sono i responsabili della produzione di odori. Un concetto importante per valutare l'impatto e la qualità di una matrice da valorizzare sul territorio è la stabilità biologica. La misura della stabilità biologica in condizioni standardizzate, si è rilevata un ottimo parametro per la stima indiretta della produzione di odori (D'Imporzano et al., 2008), aspetto questo non trascurabile se si considerano le alquanto moleste pratiche agricole di spandimento dei liquami zootecnici (Amon et al., 2006). La misura della stabilità biologica espressa come consumo di ossigeno in 20 h (OD20) seguendo un test di uso routinario, è un indice proposto per prevenire impatti odorigeni durante lo spandimento del digestato come ben esemplificato nelle Tabella 2 e Figura 12.

Tabella 1. valori di impatto odorigeno e stabilità biologica a confronto.

	Impatto odorigeno ($\text{OU m}^2 \text{h}^{-1}$)	Stabilità biologica ($\text{mg O}_2 \text{g ss}^{-1} 20\text{h}^{-1}$)
Ingestato	119.446	316
Digestato	13.314	107
Ingestato	42.773	130
Digestato	5.317	62
Ingestato	76.017	258
Digestato	40.213	83

La misura della stabilità biologica espressa come OD20 si correla con l'impatto odorigeno espresso come unità odorimetriche ($r = 0.98$; $P < 0.05$).

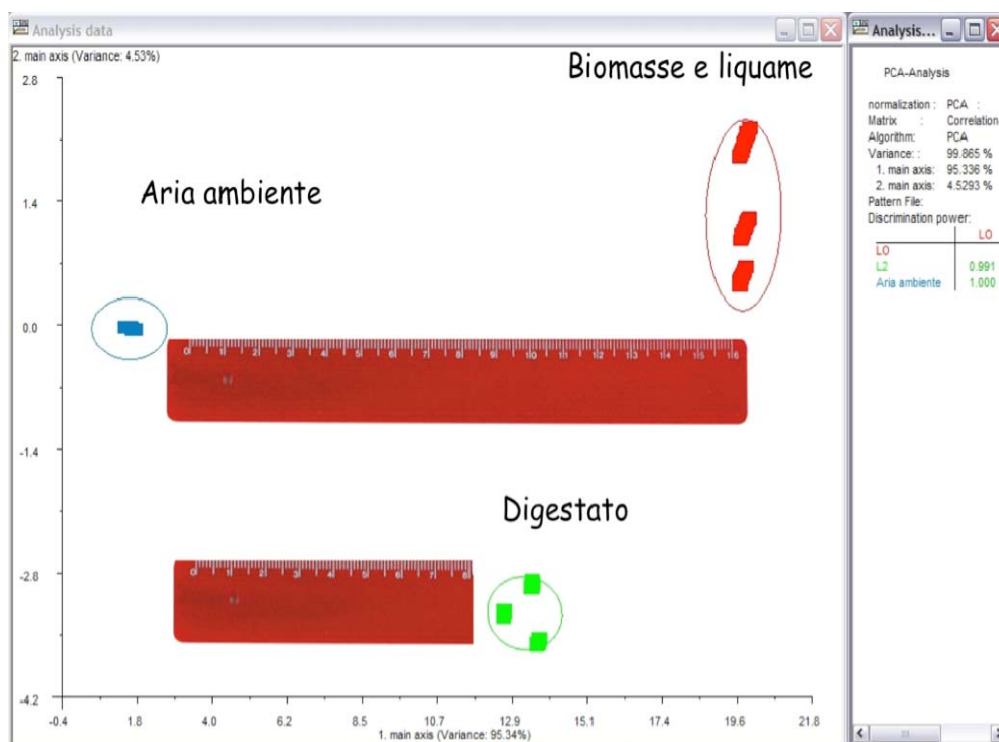


Figura 12. analisi qualitativa dell'impatto odorigeno di un digestato ($OD_{20}=130 \text{ mg O}_2 \text{ gTS}^{-1} 20\text{h}^{-1}$) posto a confronto coll'ingestato ($OD_{20}=62 \text{ mgO}_2 \text{ gTS}^{-1} 20 \text{ h}^{-1}$) e l'aria ambiente.

Un riassunto degli effetti positivi dell'uso del digestato in agricoltura lo ritroviamo nella Figura 13.



Figura 13. Effetti positivi dell'uso del digestato in agricoltura sull'ambiente.

4. QUALIFICAZIONE DEL DIGESTATO PER USO IN AGRICOLTURA: LA PROPOSTA DEL GRUPPO RICICLA DEL DIPROVE.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva della proposta del DiProVe per la definizione del digestato-separato liquido e digestato-separato solido quale fertilizzante a pronto effetto da utilizzarsi a “bilancio d’azoto”.

In particolare e con riferimento alla sicurezza nei confronti della popolazione significa basso contenuto di microrganismi indicatori di situazioni di rischio per la salute pubblica e comunque, simili a quelli di altre biomasse liberamente utilizzabili e commercializzabili (es. compost). A questo proposito l’assenza di *Salmonella*, prevista in matrici quali il compost e il limite di *E. Coli*, già previsto come criterio di qualità dal regolamento europeo 1774/2002, potrebbero essere utili per una qualificazione del digestato.

Separato liquido:

Proprietà concimanti	Contenuto in elementi nutritivi	Titolo NPK da dichiarare
Concime azotato a pronto effetto	Contenuto in N prontamente assimilabile	Titolo N-NH ₄ >70-80 % N-totale
Impatto odorigeno	Stabilità biologica (OD20)	< 100 mg O ₂ g ST ⁻¹ 20h ⁻¹ (Test SOUR)
Aspetti igienico-sanitari	Microorganismi indicatori	- Salmonella: assente - Escherichia Coli < 1000 MPN

UTILIZZO: come fertilizzante minerale a bilancio d’azoto in totale sostituzione dei fertilizzanti di sintesi

Separato solido:

Proprietà ammendanti	Vedi compost	Vedi compost
Impatto odorigeno	Stabilità biologica (OD20)	< 1000 mg O ₂ kg SV ⁻¹ h ⁻¹ Indice Respirimetrico Dinamico
Aspetti igienico-sanitari	Microorganismi indicatori	- Salmonella: assente - Escherichia Coli < 1000 MPN

UTILIZZO: come ammendante meglio se compostato e/o esportato.

Letteratura

La letteratura è disponibile presso il Gruppo RICICLA del DiProVe.