

Il digestato equiparato: dai risultati scientifici alla pratica

Giuliana D'Imporzano Fabrizio Adani

Bilancio N in Lombardia

Un esempio che ha analogie in altre regioni

Surplus di azoto in Regione Lombardia

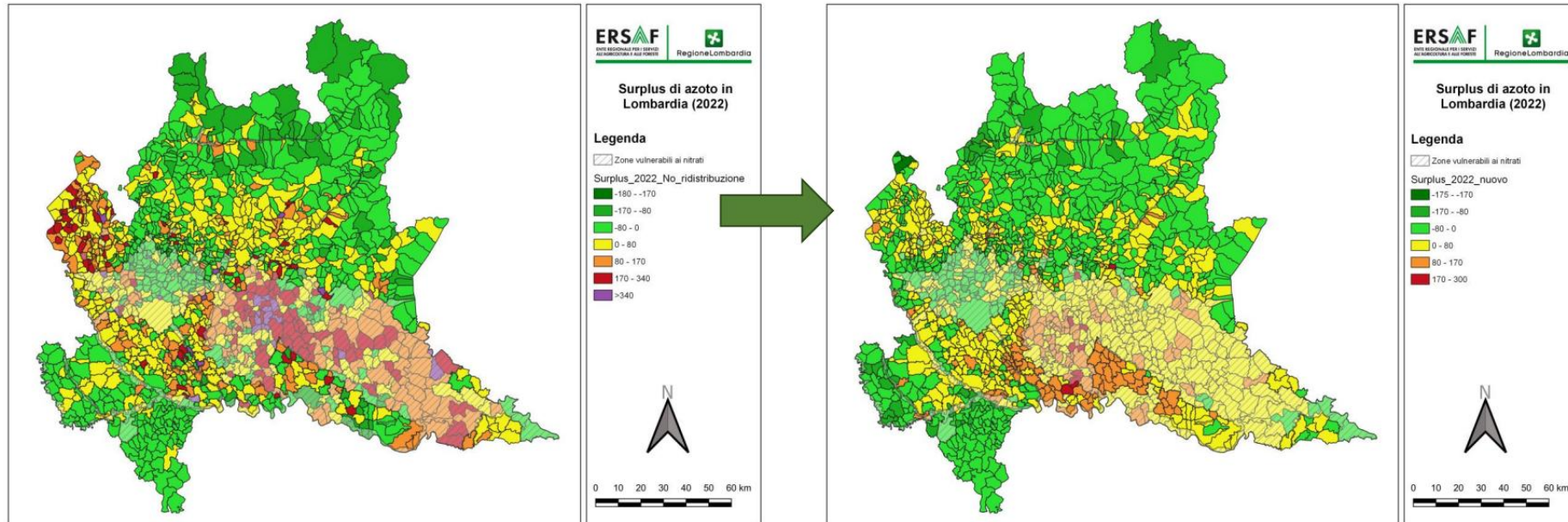
Anno di riferimento: 2022

$$\text{SurplusN} = N_{FC} - N_{ea} - N_{fm} - N_{fanghi} - N_{biogas}$$

ton N

Componente	Valore (ton N)
Surplus	18.179
N _{FC} (Nasp)	190.321
N _{ea} (Nea)	102.972
N _{fm} (Nfert)	84.398
N _{fanghi} (Nfanghi)	3.903
N _{biogas} (Nbio)	17.228

Fertilizzanti chimici



N_{FC} = azoto richiesto dalle colture
 N_{ea} = azoto da effluenti di allevamento
 N_{fm} = azoto da fertilizzanti minerali e organici
 N_{fanghi} = azoto da fanghi di depurazione
 N_{biogas} = azoto dalla componente vegetale immessa negli impianti a biogas

Surplus o deficit?

Deficit

$$\text{Surplus N} = N_{FC} - N_{ea} - N_{fm} - N_{fanghi} - N_{biogas}$$

ton N nuovo		N_{FC}	N_{ea}	N_{fm}	N_{fanghi}	N_{biogas}
	- 66.219	Nasp 190.321	Nea 102.972	Nfert 84.398	Nfanghi 3.903	Nbio 17.228

Potrei usare scarti organici al posto di fertilizzanti chimici riducendo fortemente il surplus che diverrebbe un deficit:

Deficit = - 66.219 N kg

Riduco/elimino i concimi minerali di sintesi...riduco la pressione N al campo.

adattata da: *Silvia R. Motta*
Gardone Riviera, 10 ottobre 2024

GRUPPO RICICLA

N_{FC} = azoto richiesto dalle colture
 N_{ea} = azoto da effluenti di allevamento
 N_{fm} = azoto da fertilizzanti minerali e organici
 N_{fanghi} = azoto da fanghi di depurazione
 N_{biogas} = azoto dalla componente vegetale immessa negli impianti a biogas

Digestato equiparato: uso a bilancio colturale

Proposta **Gruppo Ricicla** e Regione Lombardia
Conferenza stato regioni 2010

Azoto del digestato utilizzabile a bilancio colturale anche oltre ai 170kg/ha per azoto animale

- dose N a bilancio coltura
- Avvenuta stabilizzazione
- copertura vasche di stoccaggio
- distribuzione con iniezione, interramento immediato o fertirrigazione localizzata

Digestato equiparato: uso a bilancio colturale

Decreto Sviluppo (dl 83, 22 giugno 2012) cita testualmente: “è considerato sottoprodotto il digestato ottenuto in impianti aziendali o interaziendali dalla digestione anaerobica,

.....sono definite le caratteristiche e le modalità di impiego del digestato equiparabile, per quanto attiene agli effetti fertilizzanti e all'efficienza di uso, ai concimi di origine chimica”.

[Decreto-Legge 21 marzo 2022 n. 21](#)

[Art. 21. Disposizioni in materia di economia circolare in agricoltura](#)

Decreto 31/08/22 “Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica”

Digestato equiparato ai fertilizzanti chimici, dietrofront

Si torna indietro.

Il **digestato** non sarà più equiparato per l'utilizzazione agronomica ai **fertilizzanti** di origine chimica, come era invece stato stabilito dall'articolo 21 del Decreto Legge n. 21 del 21 marzo 2022, convertito, con modificazioni, dalla Legge del 20 maggio 2022, n. 51 e salutato con soddisfazione dal mondo agricolo, **che aveva guardato al provvedimento come un passo in avanti in ambito di transizione verde.**

Da ingestato a digestato

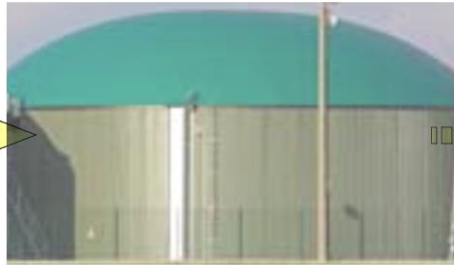
- Digestione anaerobica del refluo per ottenere un digestato stabilizzato

Azoto organico

Disponibile secondo il tasso di mineralizzazione

input

$$(N - NO_{3t}) = (N - N_{ORG.})e^{-kt}$$



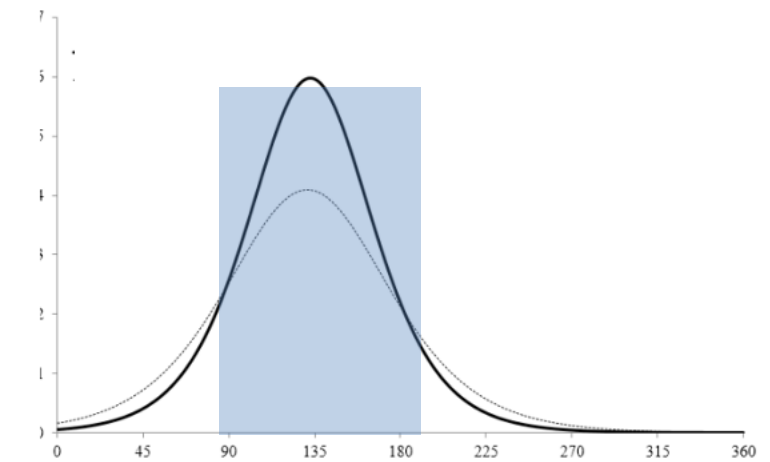
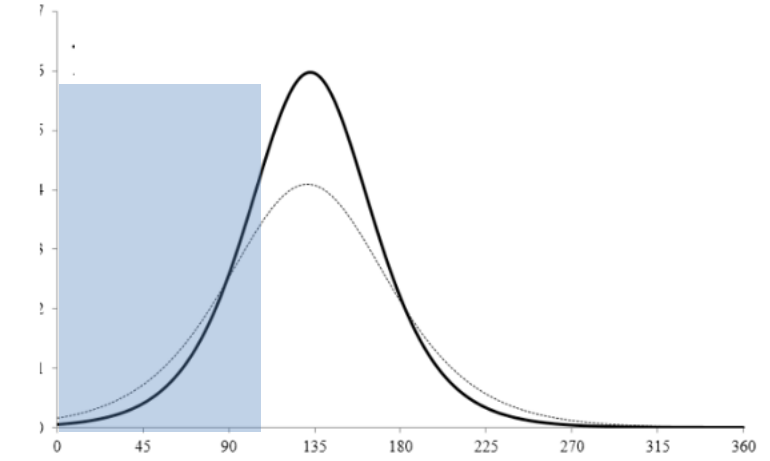
Azoto ammoniacale

A pronto effetto

Digestato

Sostanza organica stabilizzata,
carbonio pool stabile del suolo

- Matrice stabile, a basso impatto odorigeno e parzialmente igienizzata ed ad elevato contenuto di elementi nutritivi in forma disponibile per la pianta
- Distribuzione di precisione dei nutrienti: quanto serve, quando serve e nel migliore dei modi (iniezione/incorporazione diretta).



Abbiamo voluto dare peso scientifico a tali affermazioni/intuizioni.

Es.

H2020-EU

SYSTEMIC - Large-scale eco-innovation to advance circular economy and mineral recovery from organic waste in Europe- Systemic –Founded by EU- H2020-IND-CE-2016-17 ID proposal 730400-2 (awarded on 2016) (2016-2020)-

NUTRY2CYCLE - Transition towards a more carbon and nutrient efficient agriculture in Europe H2020 – SFS 2016 - 2017 - Type of action: RIA Sustainable Food Security – Resilient food and resource-efficient value chains *Proposal ID 773682-2* (2018-2023).

FERTIMANURE - Innovative nutrient recovery from secondary sources – Production of high-added value FERTILISERS from animal MANURE - H2020-CE-RUR-08-2019: Proposal ID 862849 (2020-2024).

NUTRIBUDGET- Optimisation of nutrient budget in agriculture, Clean environment and zero pollution (HORIZON-CL6-2021-ZEROPOLLUTION-01). Proposal ID: 101060455 (2022-2026).

Regional

NERØ - Best practice to manage animal slurries and digestate –Lombardy Region (**2011**);

Circoval Aumento dell'efficienza e del valore aggiunto della risorsa digestato per ridurre le emissioni e promuovere produzioni circolari - RL_DG-AGR - (2023-2025).

MIDA -Management Innovativo dei reflui per generare valore economico ed Ambientale. RL_DG-AGR - Bandi DG Agricoltura (2023-2025).

Video

GRUPPO RICICLA

Componente organica

Da ingestato a digestato: stabilizzazione

La **sostanza organica labile** si degrada e la più **recalcitrante si conserva**: il digestato possiede una elevata stabilità biologica.

Poco stabile perché buono



Labile

Molto stabile perché recalcitrante



Recalcitrante (avanzo del pasto)



Da ingestato a digestato: odori

Stabilità biologica vs. odori

ID Campione Trattamento	ABP ₂₈ (NL BIOGAS kg SV ⁻¹)	OUR (mmol O ₂ SV kg ⁻¹ h ⁻¹)
1 DG*	68 ± 2	n.d.
2 DG	39 ± 12	12 ± 0
3 DG	84 ± 10	18 ± 2
5 DG	45 ± 5	11 ± 0
8 DG	57 ± 5	12 ± 2
13 DG	71 ± 11	7 ± 3
11 DG agricolo **	75 ± 15	10 ± 2
4 IG Fango composito*	375 ± 18	74 ± 5
6 IG Fango	372 ± 10	80 ± 2
7 IG Fango	425 ± 9	107 ± 29
9 IG Fango	398 ± 15	95 ± 20
10 IG Fango	359 ± 15	77 ± 11
14 IG Fango	574 ± 19	91 ± 8
15 IG Fango	446 ± 9	99 ± 14
16 IG Fango	325 ± 7	92 ± 15
12 IG agricolo*	396 ± 6	83 ± 7

*IG = ingestati (fanghi in ingresso all'impianto); DG = digestato dopo processo di digestione anaerobica termofila
 **Campioni di ingestato e relativo digestato agricolo prelevati dal personale DiSAA presso un impianto di digestione anaerobica mesofila situato nel nord Italia.

$$ABP_{\text{ingestati}} = 407 \pm 71 \text{ NI}_{\text{biogas}} \text{ SV kg}^{-1}$$

$$ABP_{\text{digestati}} = 63 \pm 17 \text{ NI}_{\text{biogas}} \text{ SV kg}^{-1}$$

Regol. EU fertilizzanti: $ABP < 250 \text{ NI}_{\text{biogas}} \text{ SV kg}^{-1}$

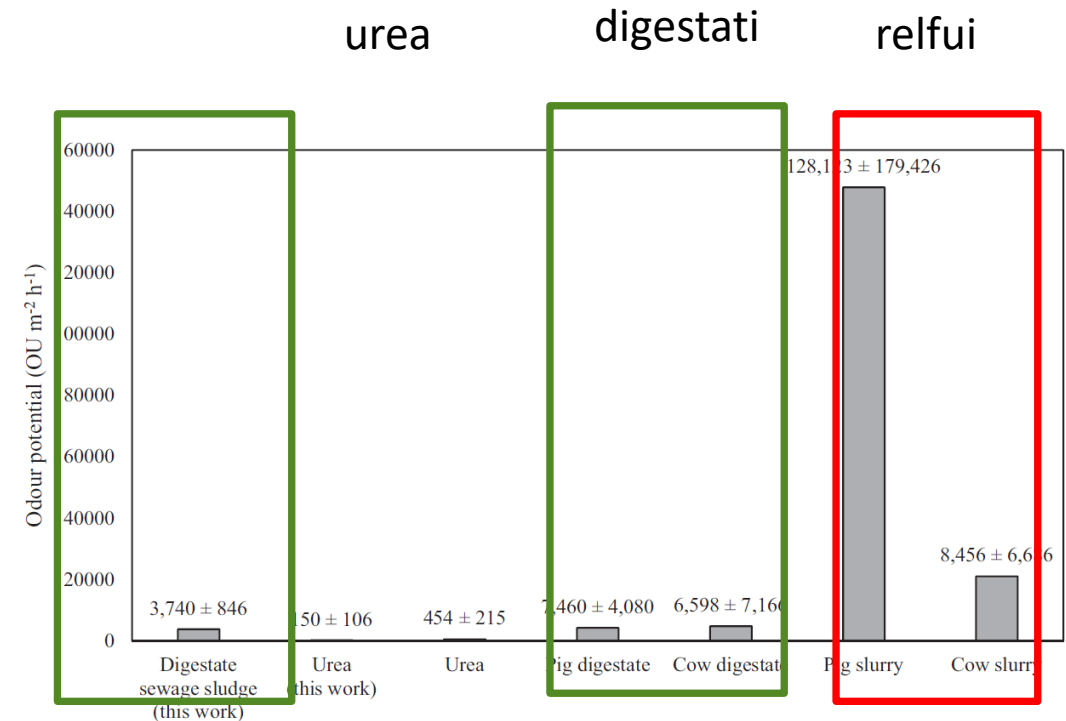


Fig. 3. Potential odour emissions measured in laboratory for the digestate used in this work in comparison with other organic matrices (data from Orzi et al., 2015, 2018) (mean ± SD).

Da ingestato a digestato: patogeni

Patogeni

Average of microbiological analysis and indicator divided into sets based on performance and feedstock.

		SET 1 ^a (P1, P2, P4, P5, P10 I, P10 II)		SET 2 (P3)		SET 3 (P6 I, P6 II, P7 I, P7 II)		SET 4 (P8 I, P8 II, P9I, P9 II)	
		Ing	Dig	Ing	Dig	Ing	Dig	Ing	Dig
<i>Salmonella</i> sp.	(in 25 g ww)	abs ^b or typhimurium ^c ; derby; infantis	abs or typhimurium senftenberg	abs	abs	abs	abs	abs	abs
Fecal Coliform	(CFU g ⁻¹ ww)	4.72 * 10 ⁴ ± 5.65 * 10 ⁴	10.07 * 10 ³ ± 9.27 * 10 ²	0	0	1.05 * 10 ⁵ ± 1.90 * 10 ⁵	0	0	0
Helminth eggs		neg ^d or Strongylus	neg or oocysts of coccidia	neg	neg	neg or ascaridia; gen ascaris; strongylus	neg or ascaridia	neg	neg
<i>Escherichia coli</i>	(CFU g ⁻¹ ww)	5.62 * 10 ⁴ ± 7.64 * 10 ⁴	6.55 * 10 ² ± 6.66 * 10 ²	1.50 * 10 ¹	0	1.30 * 10 ⁵ ± 2.24 * 10 ⁵	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	(Verotoxin/serogroup)	Ndp ^e /nodet ^f or O113; O118; O147	ndp/nodet or O1; O118; O13	ndp/nodet	–	ndp/O8;O78;O10 or nodet	–	–	–
Fecal Streptococci	(CFU g ⁻¹ ww)	4.33 * 10 ⁴ ± 4.04 * 10 ⁴	4.41 * 10 ⁵ ± 1.06 * 10 ⁶	1.75 * 10 ³	0	9.93 * 10 ⁴ ± 1.00 * 10 ⁵	2.76 * 10 ³ ± 3.32 * 10 ³	1.64 * 10 ³ ± 2.38 * 10 ³	3.88 * 10 ² ± 2.50 * 10 ²
<i>Clostridium perfringens</i>	(CFU g ⁻¹ ww)	6.87 * 10 ⁴ ± 9.12 * 10 ⁴	8.43 * 10 ⁴ ± 1.45 * 10 ⁵	6.08 * 10 ⁴	7.50 * 10 ⁴	1.63 * 10 ⁶ ± 1.70 * 10 ⁶	4.58 * 10 ³ ± 5.84 * 10 ³	3.86 * 10 ⁴ ± 4.07 * 10 ⁴	1.07 * 10 ⁵ ± 1.39 * 10 ⁵
Enterobacteriaceae	(CFU g ⁻¹ ww)	2.93 * 10 ⁴ ± 2.29 * 10 ⁴	2.21 * 10 ³ ± 2.29 * 10 ³	2.00 * 10 ¹	0	1.24 * 10 ⁵ ± 2.01 * 10 ⁵	0	1.75 * 10 ² ± 2.06 * 10 ²	7.50 * 10 ¹ ± 1.50 * 10 ¹
<i>Listeria monocytogenes</i>		dp ^g or ndp	dp or ndp	ndp	ndp	ndp	ndp	ndp	ndp
<i>Yersinia enterocolitica</i>	(in 25 g ww)	dp or ndp	dp or ndp	ndp	ndp	dp or ndp	ndp	dp or ndp	dp or ndp
pH		6.00 ± 1.35	7.85 ± 0.32a ^h	5.23	8.39	5.78 ± 1.29	8.3 ± 0.17b	6.59 ± 1.23	7.86 ± 0.22a
N-NH ₃ toxic	(g kg ⁻¹ ww)	0.03 ± 0.04	0.72 ± 0.21a	0	3.1	0.02 ± 0.05	2.93 ± 1.36b	0.12 ± 0.20	1.49 ± 0.78ab
OD ₂₀	(mg O ₂ g ⁻¹ TS)	244 ± 139	29.6 ± 7.7a	584	166	145 ± 28	23.2 ± 8.2a	140 ± 73	32.5 ± 4.9a
ABP	(NI kg ⁻¹ TS)	514 ± 104	242 ± 110a	362	404	522 ± 88	209 ± 107a	416 ± 128	277 ± 123a

^a SETs 1–4, represent Plants (P) grouped taking into consideration the performance in pathogen indicators reduction.

^b abs = absent.

^c Typhimurium monophasic variants 1, 4, [5], and 12.

^d neg = negative.

^e ndp = not demonstrate presence.

^f nodet = not determinable.

^g dp = demonstrate presence.

^h Values of the same line followed by the same letter are not statistically different (ANOVA bootstrap and Duncan test, p < 0.05).

Project supported by Regione Lombardia, ERSAF and Minoprio Foundation (d.g.r. 19/12/2012 n. ix 4518).

Da ingestato a digestato: patogeni

Science of the Total Environment 526 (2015) 116–126



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



The role of biological processes in reducing both odor impact and pathogen content during mesophilic anaerobic digestion



Valentina Orzi ^a, Barbara Scaglia ^a, Samuele Lonati ^a, Carlo Riva ^a, Gabriele Boccasile ^b,
Giovanni Loris Alborali ^c, Fabrizio Adani ^{a,d,*}

^a Università degli Studi di Milano, DISAA, Gruppo Ricicla, Lab. Agricoltura e Ambiente, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

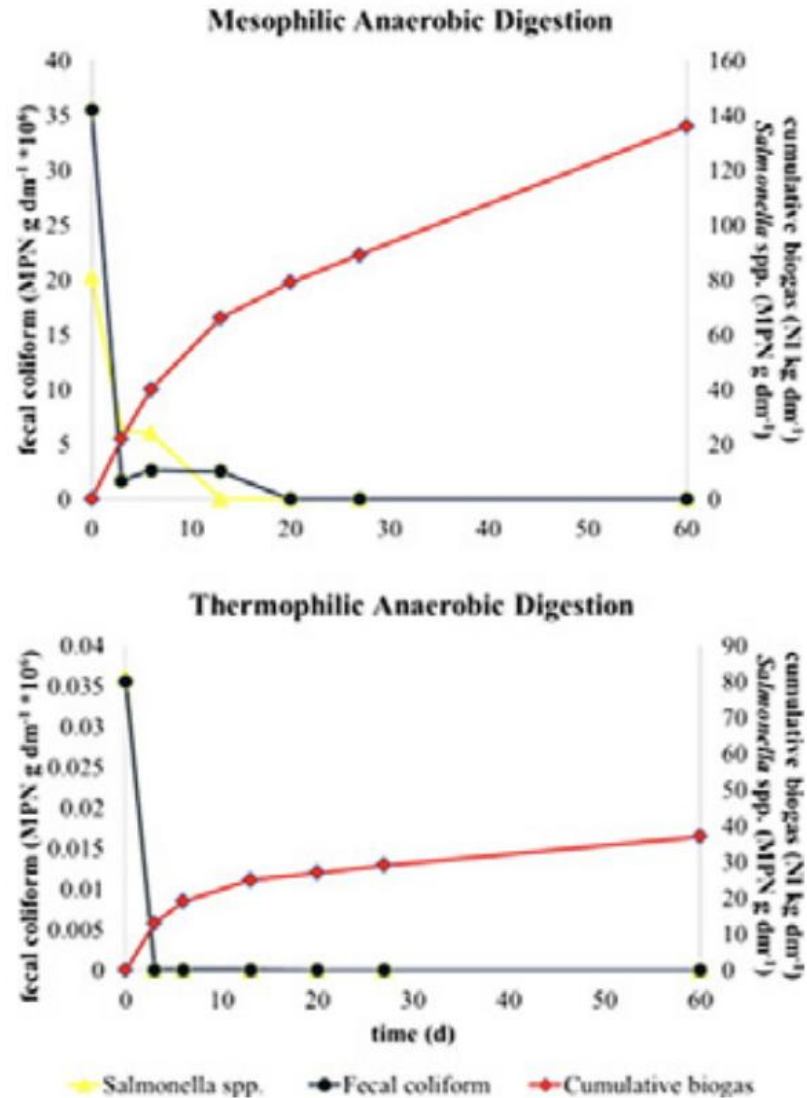
^b DG Agricoltura, Regione Lombardia, Piazza Lombardia, Milano, Italy

^c Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna, Via Bianchi 9, 25124 di Brescia, Italy

^d Università degli Studi di Milano, DISAA, Gruppo Ricicla — Lab. Biomasse e Agroenergia, c/o Parco Tecnologico Padano, Cascina Codazza, Via Einstein, 26900 Lodi, Italy

10 impianti di scala reale

Da ingestato a digestato: patogeni



Science of the Total Environment 466–467 (2014) 888–897



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Sanitation ability of anaerobic digestion performed at different temperature on sewage sludge



Barbara Scaglia ^{a,*}, Giuliana D'Imporzano ^a, Gilberto Garuti ^b, Marco Negri ^c, Fabrizio Adani ^{a,*}

^a GRUPPO RICICLA, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali: Produzione, Territorio, Agroenergia, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

^b Acqua e Sole s.r.l., Baselica Bologna, 1, 27010, Giussago, Pavia, Italy

^c Ecodeco S.r.l. – gruppo a2a S.p.A., Via Loc. Cassinazza, Baselica, 27010 Pavia, Italy

Valore fertilizzante del digestato: prove di pieno campo

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive

Table 1
Experimental plan design.

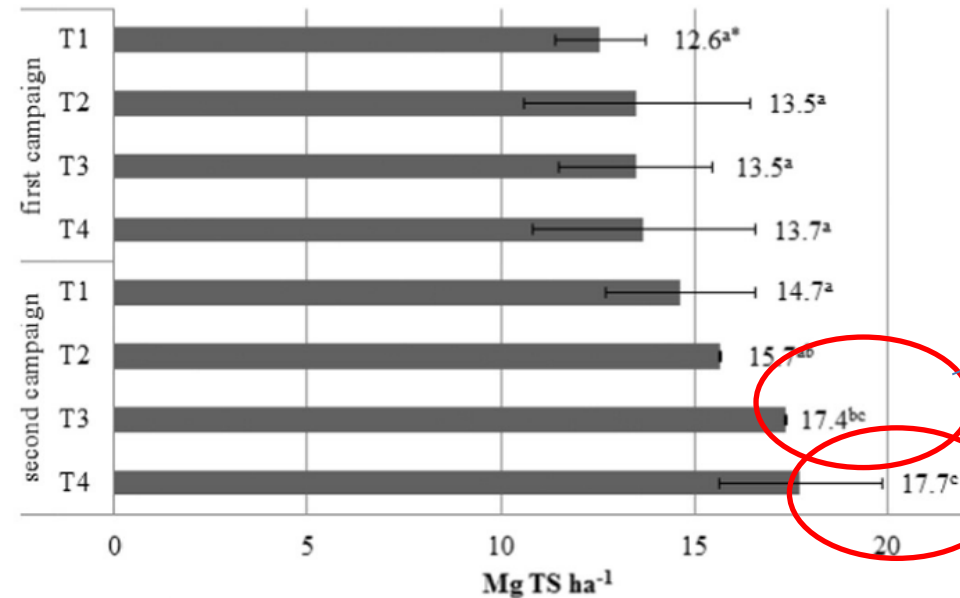
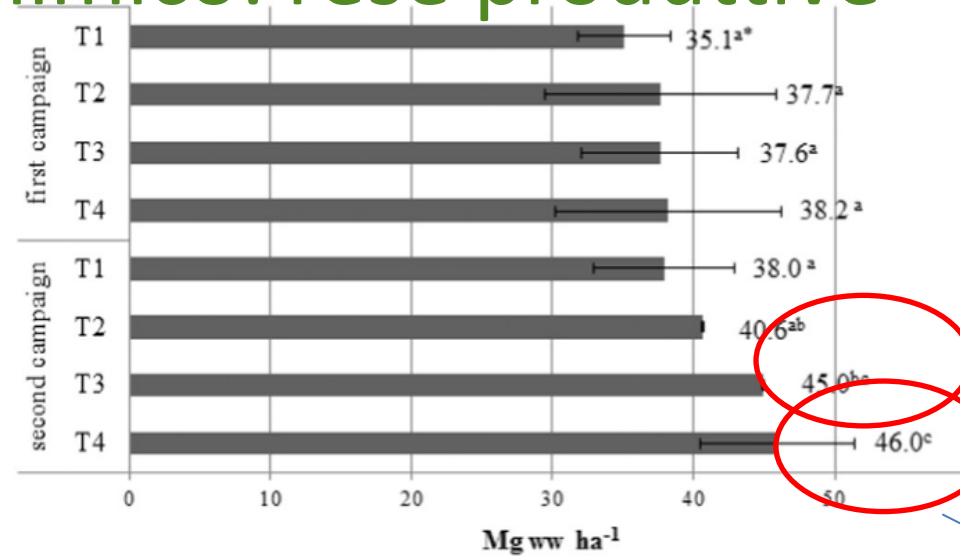
First campaign (2012)				
Treatment	Pre-sowing (130 kg N ha ⁻¹)	Application modality	Topdressing (200 kg N ha ⁻¹)	Application modality
T1a-T1b	Blank — no fertilization	n.a. ^a	Blank — no fertilization	n.a.
T2a-T2b	Digestate	Surface	Digestate	Injected
T3a-T3b	Urea	Surface	Urea: application	Surface
T4a-T4b	Digestate	Injected	Separate liquid fraction of digestate	Injected
Second campaign (2013)				
Treatment	Pre-sowing (180 kg N ha ⁻¹)		Topdressing (160 kg N ha ⁻¹)	
T1a-T1b	Blank — no fertilization	n.a.	Blank	n.a.
T2a-T2b	Separate liquid fraction of digestate	Surface	Separate liquid fraction of digestate	Injected
T3a-T3b	Urea	Surface	Urea	Surface
T4a-T4b	Separate liquid fraction of digestate	Injected	Separate liquid fraction of digestate	Injected

^a No application.

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive

Rese mais 2012 e 2013

Rese con digestati > rese con chimico



*Value in the same campaign followed by the same letter are not statistically different (Duncan test, $P < 0.05$)

Digestati

UREA

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive

Science of the Total Environment 547 (2016) 206–214



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Short-term experiments in using digestate products as substitutes for mineral (N) fertilizer: Agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts



C. Riva^a, V. Orzi^a, M. Carozzi^b, M. Acutis^b, G. Boccasile^c, S. Lonati^a, F. Tambone^a, G. D'Imporzano^a, F. Adani^{a,*}

^a Gruppo Ricicla, Lab. Agricoltura e Ambiente, DiSAA, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

^b DiSAA, sez. Agronomia, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

^c DG Agricoltura, Regione Lombardia, Piazza Lombardia, Milano, Italy

Regione Lombardia DG. Agricoltura - Struttura Ricerca, Innovazione tecnologica e Servizi alle imprese,
Project N. 1705, 2011: Messa a punto di best practice a ridotta emissione in
atmosfera per la gestione e l'utilizzo agronomico di reflui zootecnici –NERØ

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive



PLOTS								
D1	C1	U1	D2	C2	U2	D3	U3	C3
FERTILIZATION PLAN								
	N (kgN Ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (Kg Ha ⁻¹)	K ₂ O (kg Ha ⁻¹)					
Controllo								
digestato	370+100	307	84					
Urea	185+100	90	84					

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive

Tabella 1. Emissioni di ammoniaca e GHG, lisciviazione di nitrati, rese produttive e carbonio residuo nei suoli in una sperimentazione di pieno campo condotta per tre anni confrontando digestato vs. urea (concimi chimici) Le misure sono medie su tutto l'anno. (da: H2020 Systemic, H2020 Nutry2Cycle, in preparazione).

Parameter	Unità	Digestato	Urea
NH ₃	kgN ha ⁻¹	25.6 ± 9.4(a)	24.8 ± 8.3(a)
N ₂ O	kgN ha ⁻¹	7.59 ± 3.2(b)	10.3 ± 6.8(b)
CO ₂	kgC ha ⁻¹	6216 ± 1160(a)	6144 ± 1491(a)
CH ₄	kgC ha ⁻¹	0036 ± 0.03(a)	0.053 ± 0.04(a)
NO ₃ ⁻¹	mgN kg ⁻¹	6.45 ± 7.6(a)	7.24 ± 8.6(a)
Resa produttiva	t ha ⁻¹ ss	18.1 ± 2.9(b)	17.4 ± 1.2(b)
Carb. suolo	g kg ⁻¹ ss	12.3 ± 0.4(b)	10.3 ± 0.6(a)

Annote:

2018
2019
2020

Digestato vs fertilizzante chimico: rese produttive

Science of the Total Environment 815 (2022) 152919



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Using highly stabilized digestate and digestate-derived ammonium sulphate to replace synthetic fertilizers: The effects on soil, environment, and crop production



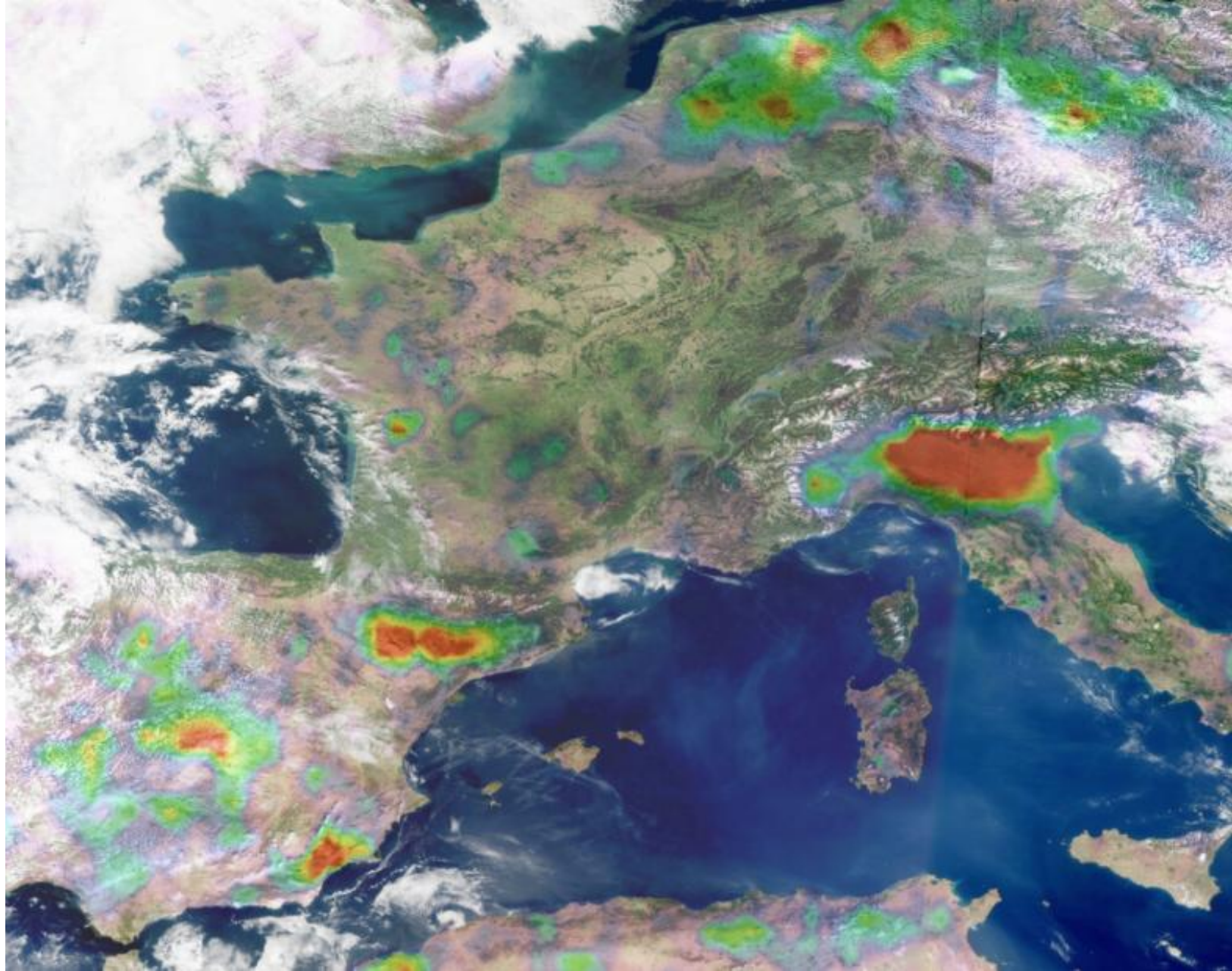
Massimo Zilio ^{a,*}, Ambrogio Pigoli ^a, Bruno Rizzi ^a, Axel Herrera ^a, Fulvia Tambone ^a, Gabriele Geromel ^b, Erik Meers ^c, Oscar Schoumans ^d, Andrea Giordano ^b, Fabrizio Adani ^{a,*}

^a Gruppo Ricicla labs, DiSAA-Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

^b Acqua & Sole Srl Via Giulio Natta, 27010 Vellezzo Bellini (PV), Italy

^c Dept. Green Chemistry & Technology, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium

^d Wageningen Environmental Research, Wageningen University and Research, PO Box 47, 6700AA Wageningen, the Netherlands



GRUPPO RICICLA

Digestato vs fertilizzante chimico: emissioni ammoniacali LA STATALE

Campagne 2011/2013

Table 6

NH₃ emission after fertilizers spreading and emission factors (EF) expressed as the ratio between the N-NH₃ emitted and the TAN applied.

			kg N ha ⁻¹	NH ₃ losses EF (% TAN)	Std ^a
First campaign	Pre-sowing (130 kg N ha ⁻¹)	T2 Digested surface	23.3b ^b	30.4	3.3
		T3 Urea surface	17.8ab	13.7	7.7
		T4 Digested injected	7.1a	9.3	5.3
	Toppdressing (200 kg N ha ⁻¹)	T2 Digested injected	2.5a	1.6	0.30
		T3 Urea surface	2.5a	1.3	0.18
		T4 Separate liquid fraction injected	6.9b	4.5	0.46
Second campaign	Pre-sowing (180 kg N ha ⁻¹)	T2 Separate liquid fraction surface	52.6b	46.3	7.4
		T3 Urea surface	17.6a	9.7	1.6
		T4 Separate liquid fraction injected	12.0a	10.6	0.6
	Toppdressing (160 kg N ha ⁻¹)	T2 Separate liquid fraction injected	16.9 a	14.7	9.75
		T3 Urea surface	13.7 a	6.8	1.8
		T4 Separate liquid fraction injected	13.2 a	8.5	0.2

^a The standard deviation (Std) is calculated between the EF of the same treatment.

^b Values of the same column followed by the same letter are not statistically different within each fertilization (ANOVA bootstrap and Tukey test, $p < 0.05$).

Riva et al., 2016

Il digestato va iniettato !!!!!!!!!!!

Digestato vs fertilizzante chimico: emissioni ammoniacale

Campagne 2018/2020

Cumulated NH_3 emissions, mean of three years

Mean $\pm$ SD; n=9, measured from the experimental plots in the 90 hours after spreading (years 2018, 2019 and 2020). Letters are referred to One-way ANOVA comparing values in each column ($p < 0.05$; n=9; Tukey post-test).

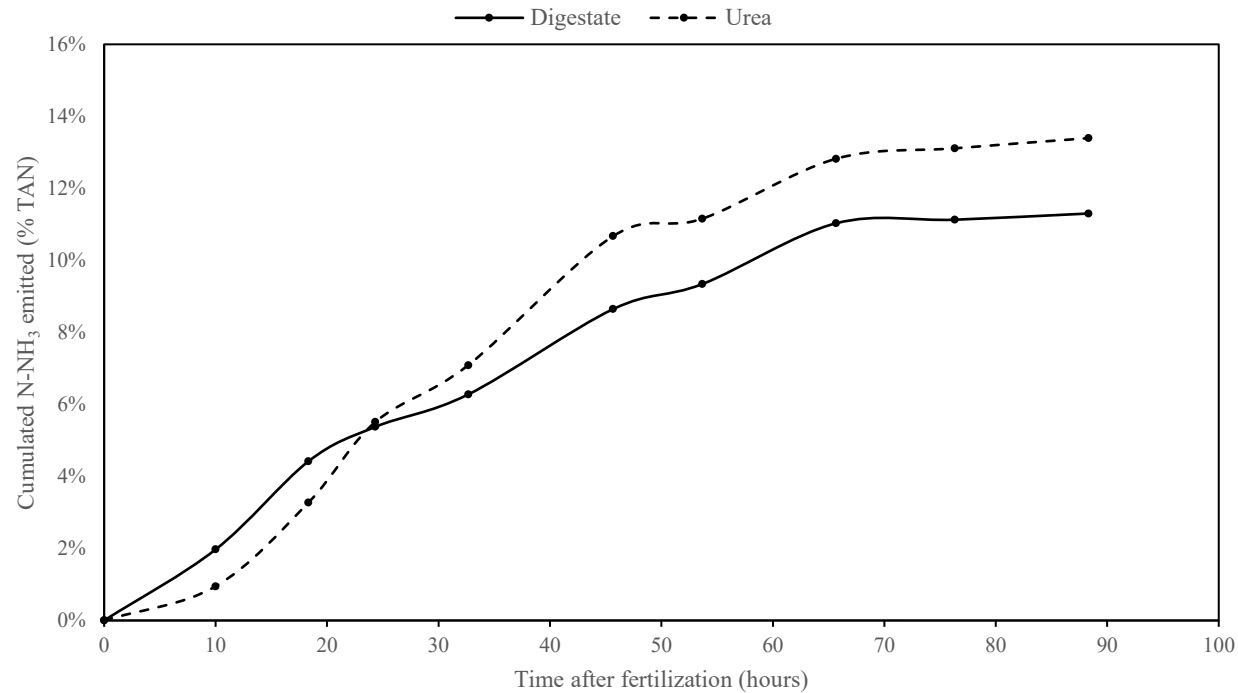


Fertilizer	Total N dosed (kgN Ha ⁻¹)	Total NH ₄ (TAN) dosed	Total cumulated NH ₃ emission (kg N Ha ⁻¹)	Loss of NH ₃ (%N _{tot} dosed)	Loss of NH ₃ (%TAN dosed)
Digestate	361	229	25.6 $\pm$ 9.4 a	7.01 $\pm$ 2.5 a	11.6 $\pm$ 4 a
Urea	185	185	24.8 $\pm$ 8.3 a	13.4 $\pm$ 4.5 b	13.4 $\pm$ 4.5 a

Digestato vs fertilizzante chimico: emissioni ammoniacali LA STATALE

Cumulated NH_3 loss (%TAN), mean of three years

Mean $\pm$ SD; n=9, measured from the experimental plots in the 90 hours after spreading (years 2018, 2019 and 2020).



Campagne 2018/2020

Digestato vs fertilizzante chimico: emissioni ammoniacali LA STATALE



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Measuring ammonia and odours emissions during full field digestate use in agriculture



Massimo Zilio^a, Ambrogio Pigoli^a, Bruno Rizzi^a, Gabriele Geromel^b, Erik Meers^c, Oscar Schoumans^d, Andrea Giordano^b, Fabrizio Adani^{a,*}

^a Gruppo Ricicla labs., DiSAA, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

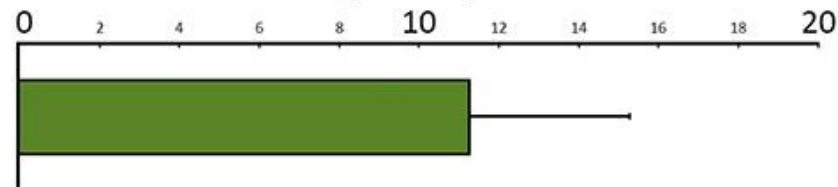
^b Acqua & Sole Srl, Via Giulio Natta, 27010 Vellezzo Bellini (PV), Italy

^c Dept. Green Chemistry & Technology, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium

^d Wageningen Environmental Research, Wageningen University and Research, PO Box 47, 6700AA Wageningen, the Netherlands

DIGESTATE

Ammonia emitted (% TAN)



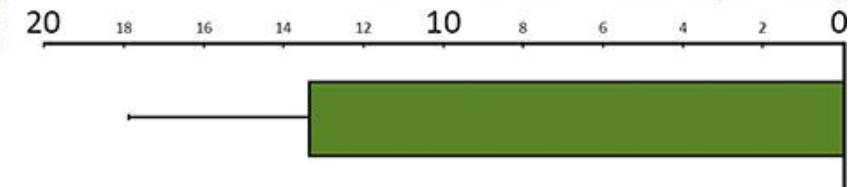
INJECTION
15 cm



SURFACE
SPREAD

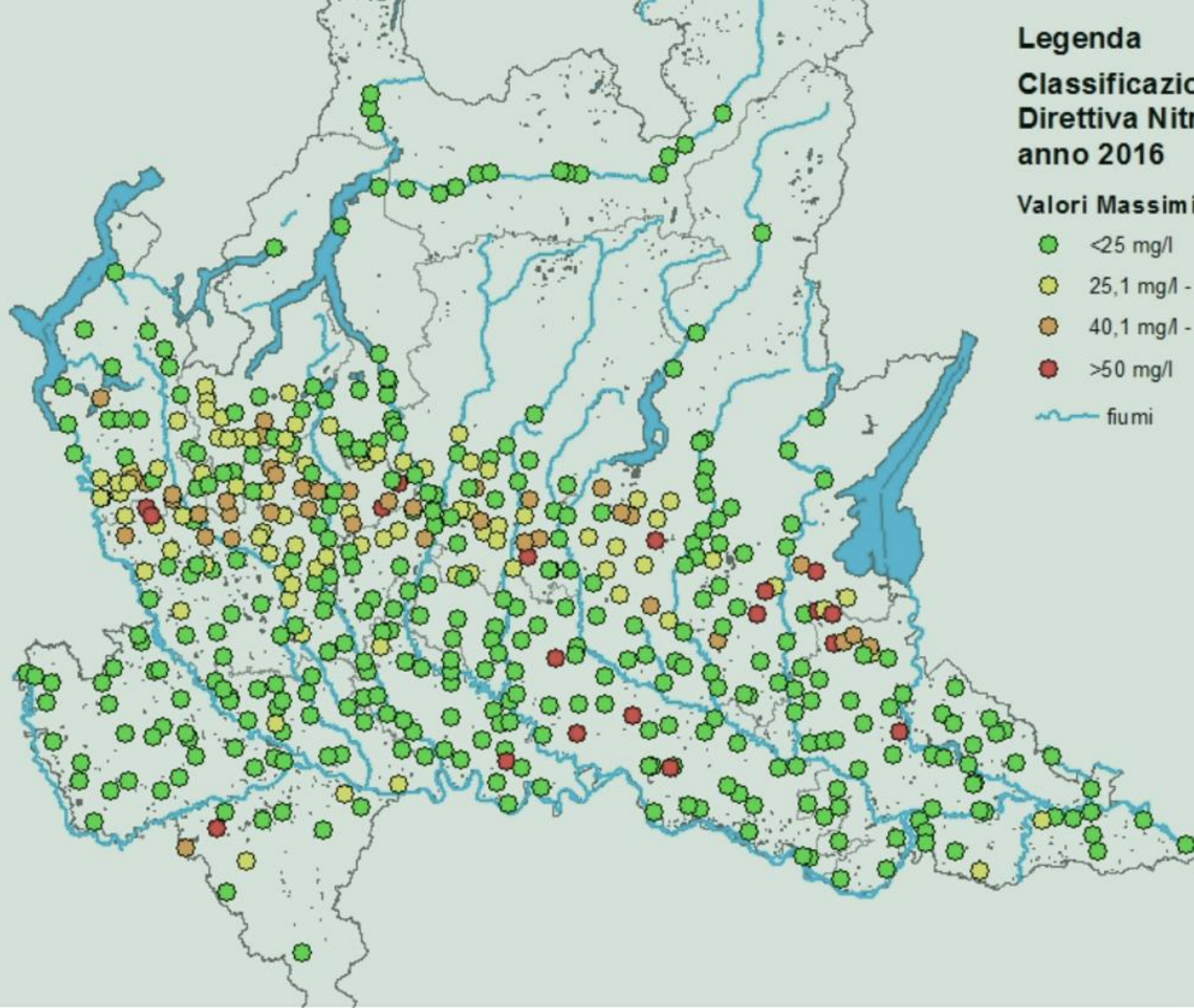
UREA

Ammonia emitted (% TAN)



qualità delle acque nitrati

GRUPPO RICICL

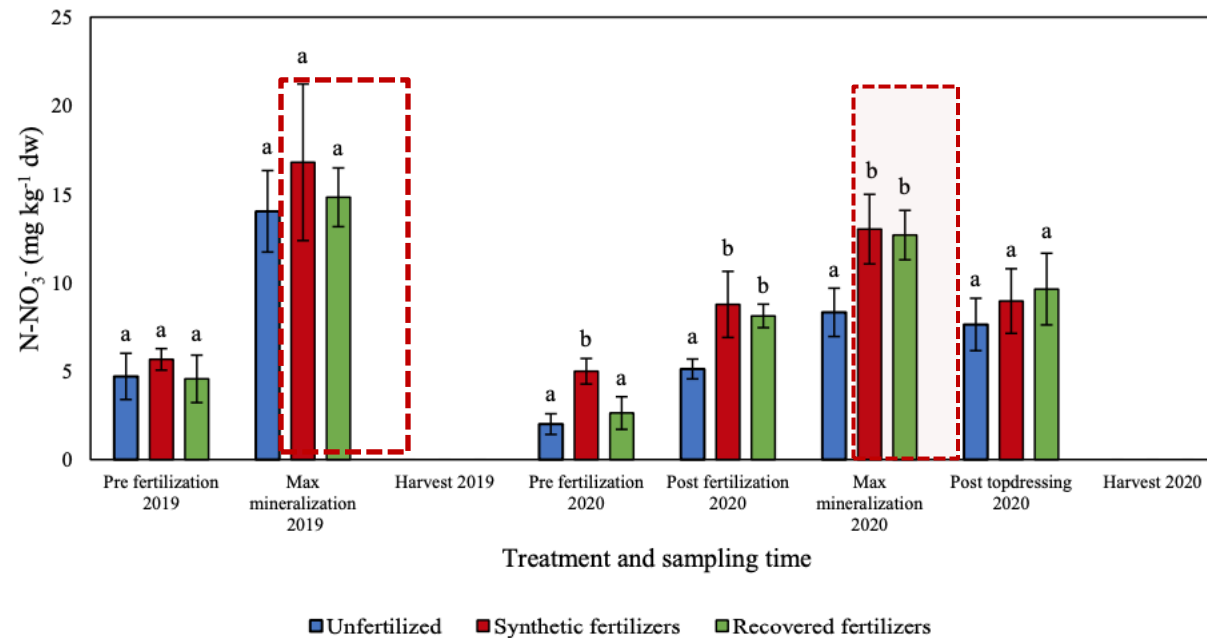


Digestato vs fertilizzante chimico: nitrato

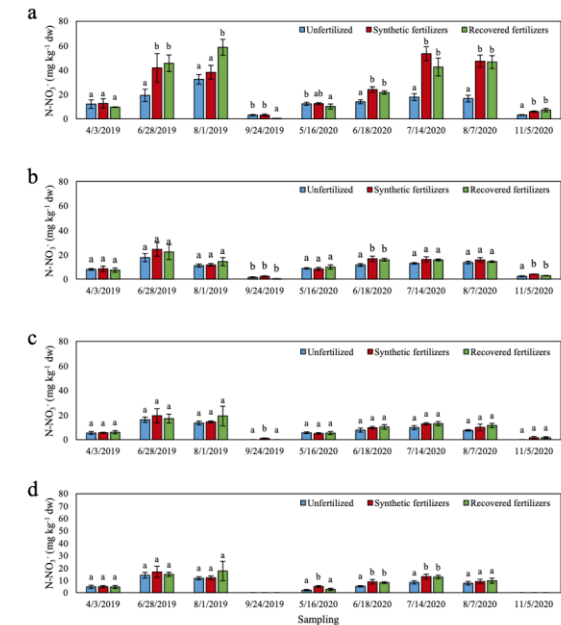
- Nitrato nel suolo nei momenti salienti del ciclo colturale Concentrazione analoga al fertilizzante chimico

Campagne 2018/2020

70-100 cm profondità del suolo



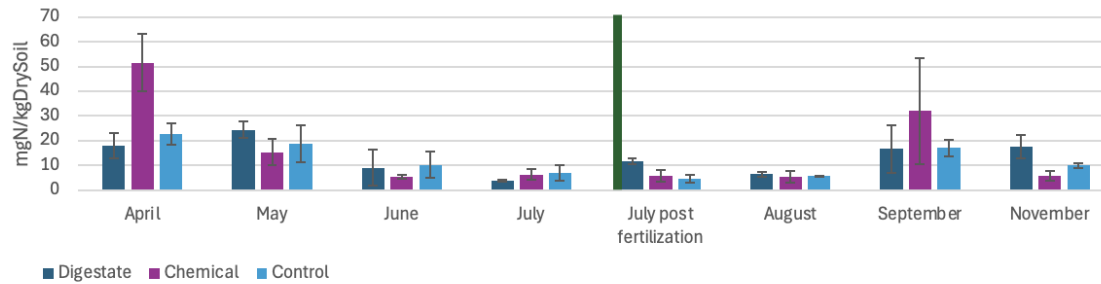
0-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm
profondità del suolo



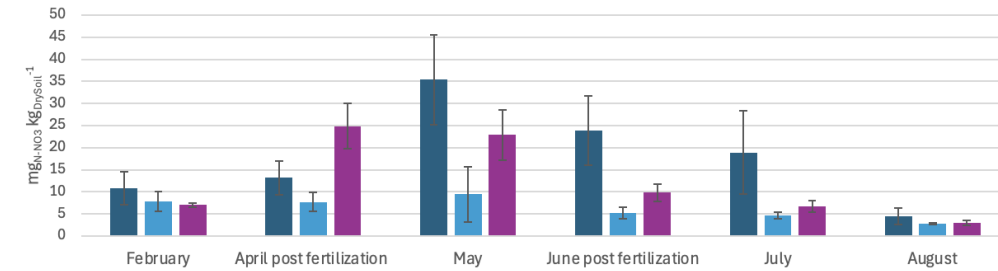
Digestato vs fertilizzante chimico: nitrato

Campagne 2024/2025

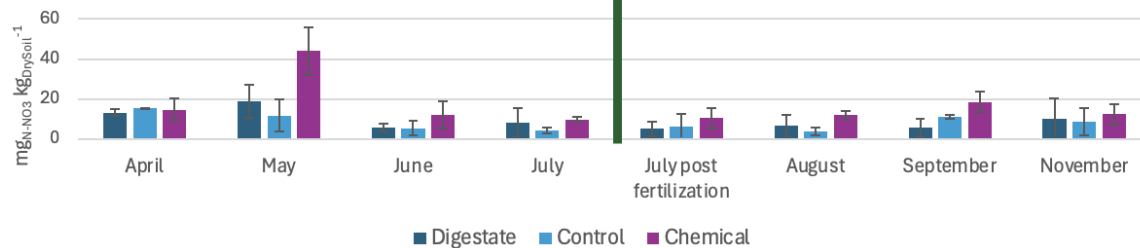
2024 N-NO₃ Soil 30cm



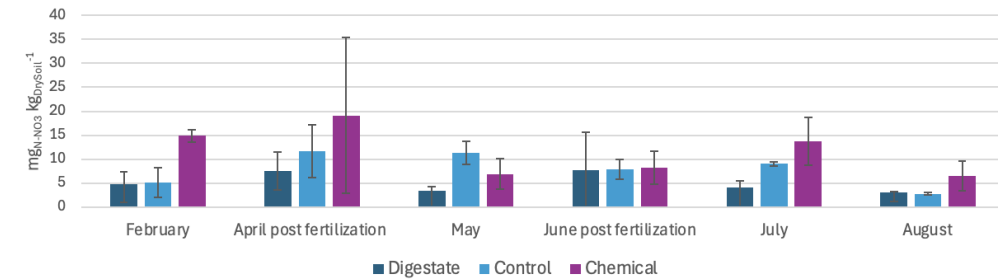
2025 N-NO₃ Soil 30cm



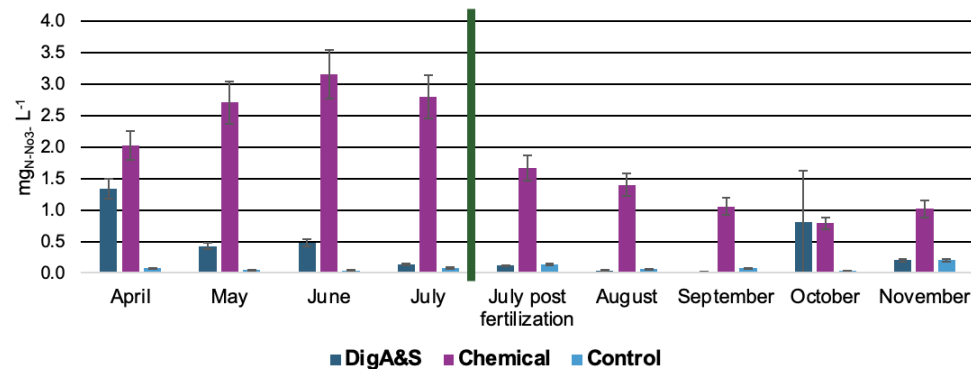
2024 N-NO₃ Soil 100cm



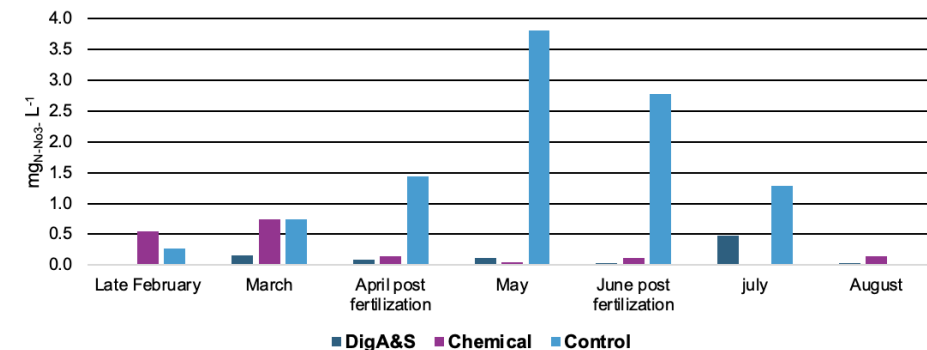
2025 N-NO₃ Soil 100cm



N-NO₃⁻ in groundwater in 2024



N-NO₃⁻ in groundwater in 2025





*Ministero dell'agricoltura, della sovranità
alimentare e delle foreste*

DIPARTIMENTO DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE E DELLO
SVILUPPO RURALE
DIREZIONE GENERALE DELLO SVILUPPO RURALE
DISR IV



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA
GRUPPO RICICLA



Milano 07.10.2025

**“VIDEO - Valorizzazione innovativa del digestato per l’efficienza e
l’ottimizzazione della nutrizione azotata”: report 1/2025**

GRUPPO RICICLA

Sito di PV

Legenda tesi sperimentali^a

CONV.	Convenzionale: fertilizzazione convenzionale con utilizzo di digestato e concimi chimici
<u>DigAS</u>	Digestato prodotto dall'impianto di digestione anaerobica di Vellezzo Bellini che tratta scarti organici di origine municipale
<u>DigEQ</u>	Digestato zootecnico equiparabile utilizzato come definito nel Decreto 31/08/22 "Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica" con efficienza 0.9
<u>DigZ</u>	Digestato zootecnico utilizzato con efficienza 0.5



Sito di Mn

Standard	Standard: fertilizzazione standard con utilizzo di liquame bovino e concimi chimici
<u>DigEQ</u>	Digestato zootecnico equiparato utilizzato come definito nel Decreto 31/08/22 "Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica" con efficienza 0,9
Dig0,5	Digestato zootecnico utilizzato con efficienza 0,5

Sito di PV

Tesi		Tipo di fertilizzante	N tot (kg/ha)	N efficiente dosato (kg/ha)	N totale dosato	N eff. totale
CONROLLO		0	0		0	0
CONV. *	Presemina	Digestato	170,2	85,1	367,3	282,2
	Presemina	Urea	75,4	75,45		
	Copertura	Urea	121,7	121,7		
DigAS	Presemina	Digestato	397,8	198,9	484,4	285,5
	Copertura	Urea	86,6	86,6		
DigEQ**	Presemina	Dig. solido	186,4	93,2	383,4	270,6
	Presemina	Dig liquido	197	177		
Dig 0.5**	Presemina	Digestato	560	280	560	280

*integrazione con 144 kg/ha di K (240 kg/ha KCl); 55,2 kg/ha P₂O₅(120 kg /ha perfosfato triplo)

**Inibitore nitrificazione: "Vizura" 2 l/ha

Digestato vs fertilizzante chimico: nitrato

Sito di PV

Contento di nitrati **nel suolo a 100 cm** di profondità e nella falda ipodermica

	N-NO ₃ annuo						NO ₃ ⁻ annuo					
	Suolo 100 cm						Acqua di falda					
	mg kg ⁻¹ dw						mgL ⁻¹					
	media	sd	min	max			media	sd	min	max		
VIDEO	<i>Media annua</i>						<i>Media annua</i>					
annata 2025	<i>(n=5)</i>						<i>(n=5)</i>					
	Controllo	7,5	± 1,1	6,7	8,2		Controllo	4,9	± 4,4	<0.09	11,3	
	CONV.	9,8	± 2,8	7,2	11,6		CONV.	4,02	± 6,3	0,11	18,5	
	Dig.AS	14,3	± 5,8	10,9	19,3		Dig.AS	8,07	± 9,11	0,26	28,5	
	DigEQ	12,8	± 6,1	9,2	20,1		DigEQ	6,61	± 7,18	<0.09	17,3	
	Dig 0.5	8,6	± 2,6	7,1	11,8		Dig 0.5	0,86	± 1,05	<0.09	2,57	

Nessuna differenza con controllo e nessuna relazione con azoto totale dosato

Digestato vs fertilizzante chimico: nitrato

Sito di Mn (assenza di falda ipodermica (piezometri a 7 mt ma assenza di acqua nei piezometri durante la stagione agraria)

Contento di nitrati nel suolo a 100 cm di profondità

	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw 06-mag	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw 01-lug	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw 28-lug	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw 30-ago	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw 20-ott	N-NO ₃ annuo ^{b,c} mg kg ⁻¹ dw media min max		
Controllo	11,4±0,3	7,6±2,4	12,8±2,3	15±4,5	23,6±8,6	14±6,5	7,6	23,6
Standard	12,8±4,5	11,5±3,9	11,8±7	33,7±22	25,2±15,3	19±13,4	11,5	33,7
Dig EQ	8,2±1,9	6,8±1,8	12±3,2	15±2,7	9,5±2,5	10,3±3,6	6,8	15
Dig 0,5	14,4±0,9	9,2±3,9	28,4±4,9	26,8±4,2	20±3,1	19,7±8,1	9,2	28,4

Nessuna differenza con controllo e nessuna relazione con azoto totale dosato

Digestato vs fertilizzante chimico: nitrato

Environmental Pollution 291 (2021) 118176



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Organic inputs to reduce nitrogen export via leaching and runoff: A global meta-analysis[☆]

Zhibiao Wei ^{a,b,c}, Ellis Hoffland ^b, Minghao Zhuang ^a, Petra Hellegers ^c, Zhenling Cui ^{a,*}

^a Center for Resources, Environment and Food Security, China Agricultural University, Beijing, 100193, China

^b Soil Biology Group, Wageningen University & Research, P.O. Box 47, 6700 AA, Wageningen, The Netherlands

^c Water Resources Management Group, Wageningen University & Research, P.O. Box 47, 6700 AA, Wageningen, The Netherlands

100 % sostituzione dei fertilizzanti chimici con fertilizzanti organici = - 35 %
lisciviazione

In totale, questa analisi ha incluso **129 articoli sottoposti a peer review** di esperimenti condotti in tutto il mondo (Asia, 53%; Europa, 31%; Americhe, 12%; Africa, 4%)-

Renure vs. digestate

RENURE: richiede tecnologie complesse ed è costoso (i.e. 10-15 €/m³)

(es. : Ledda, C., Schievano, A., Salati, S., Adani, F. (2013). Nitrogen and water recovery from animal slurries by a new integrated ultrafiltration, reverse osmosis and cold stripping process: A case study. *Water Research* 47, 6157-6166.

Herrera, A., D'Imporzano, G., Zilio, M., ...Giordano, A., Adani, F. (2022). Environmental Performance in the Production and Use of Recovered Fertilizers from Organic Wastes Treated by Anaerobic Digestion vs Synthetic Mineral Fertilizers. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2022, 10(2), pp. 986–997.

È utile quando l'azoto supera la richiesta di colture e deve essere trasportato lontano.

Non può essere proposto a livello aziendale (approccio troppo costoso)

DIGESTATO: non richiede tecnologie complesse (e.g. separazione S/L), e non è costoso (i.e. 1-2 €/m³). (es.

Tambone F., Orzi V., D'Imporzano G., Adani F. (2027). Solid and liquid fractionation of digestate: Mass balance, chemical characterization, and agronomic and environmental value. *Bioresource Technology Volume 243*, November 2017, Pages 1251-1256.

Utile quando l'azoto disponibile a livello di azienda agricola corrisponde alle richieste delle coltura (o nelle vicinanze).

Da utilizzare in sostituzione di fertilizzanti minerali sintetici.

Grazie per l'attenzione

Fabrizio Adani
Full Professor



Elisa Clagnan
Molecular biologist



Marta Dell'Orto
Agronomist, Plant physiologist



Patrizia De Nisi
Agronomist; Chemist



Gruppo Ricicla DISAA –
Università degli Studi di Milano
Via Celoria 2, 20133 Milano.

Per info e contatti Fabrizio.adani@unimi.it

GRUPPO RICICLA

Maria Francesca Polli
Plant Biotechnologist



**Hager Galal Elsayed
Elboghday**
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*



Federico Guglielmo Korner
Agronomist



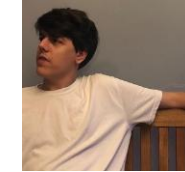
Raveena Vilas Sajgule
Biotechnologist



Giuliana D'Imporzano
Agronomist, LCA expert



Filippo Donelli
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*



Matteo Ceriani
Agronomist



Gabriele Soggia
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*

