



La digestione anaerobica in agricoltura:

La qualità e la gestione del digestato

Andrea Schievano

e F. Adani, G. D'Imporzano, B. Scaglia, F. Tambone, V. Orzi, S. Salati

**Di.Pro.Ve. - Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2,
20133 Milano**

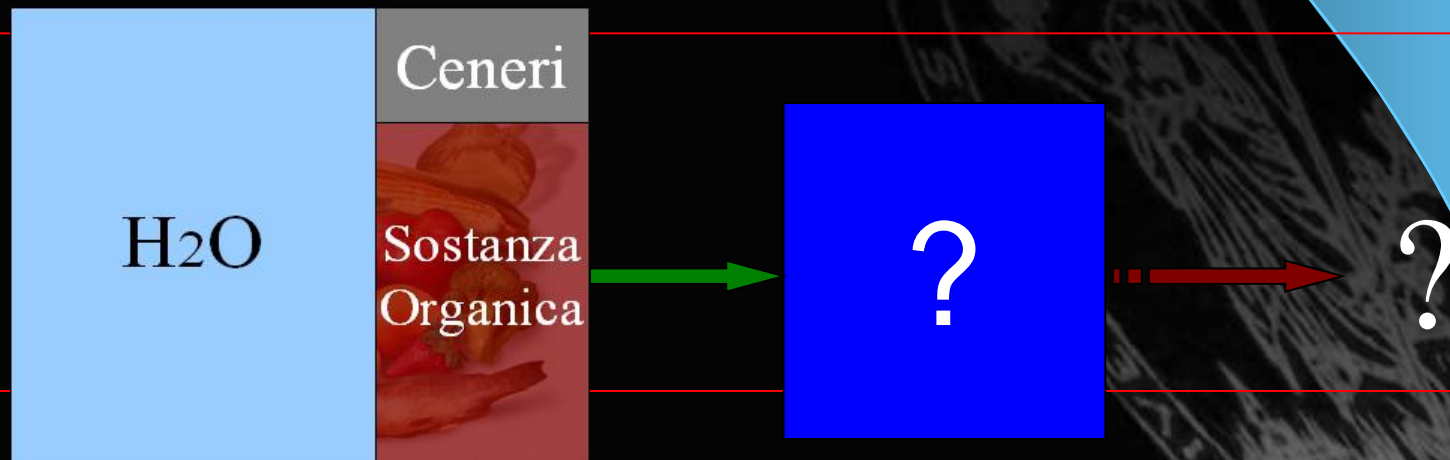
andrea.schievano@unimi.it

website: <http://users.unimi.it/ricicla/>

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

La digestione anaerobica

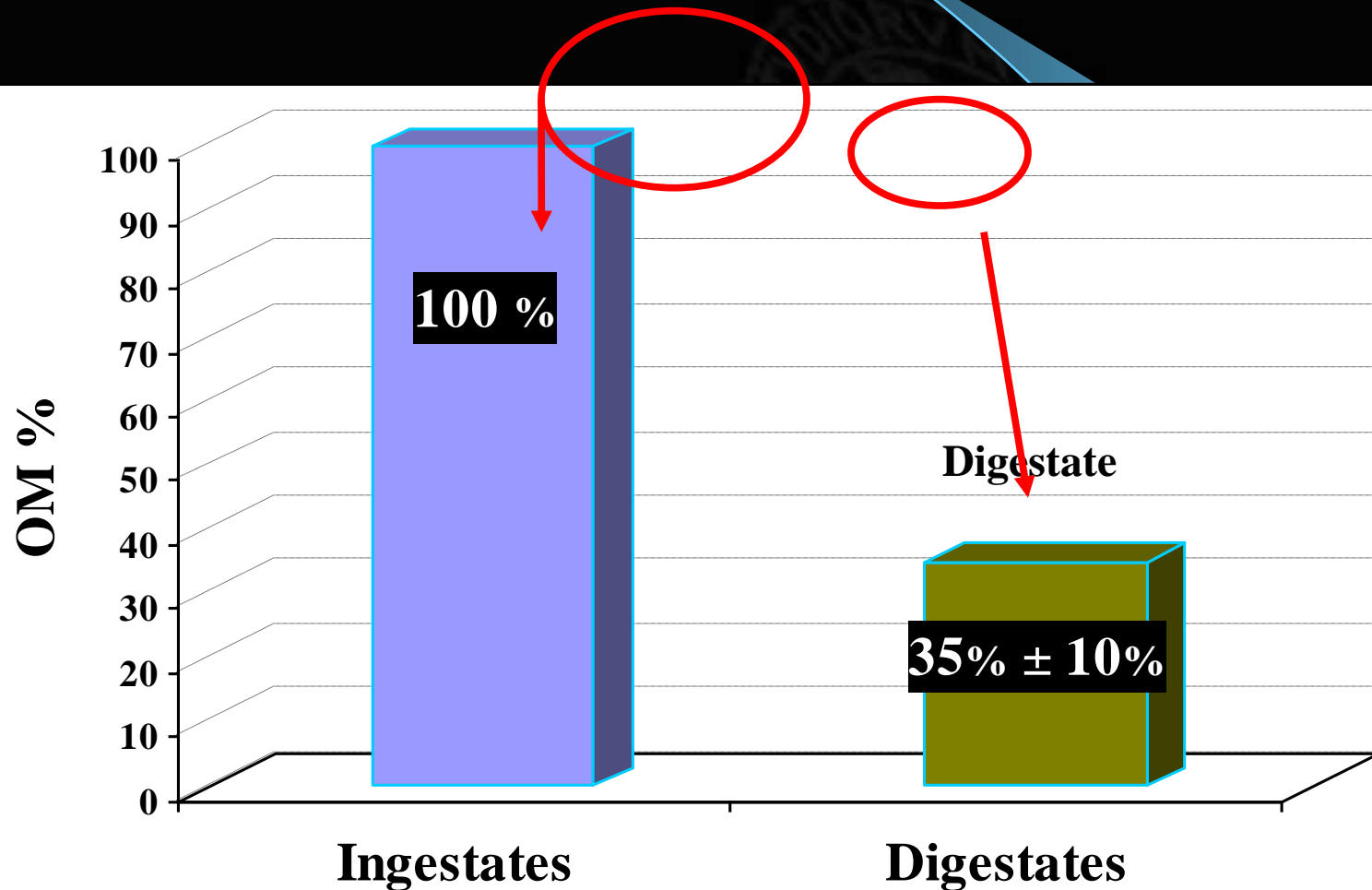
Un processo bio-chimico che determina importanti cambiamenti del materiale ingestato



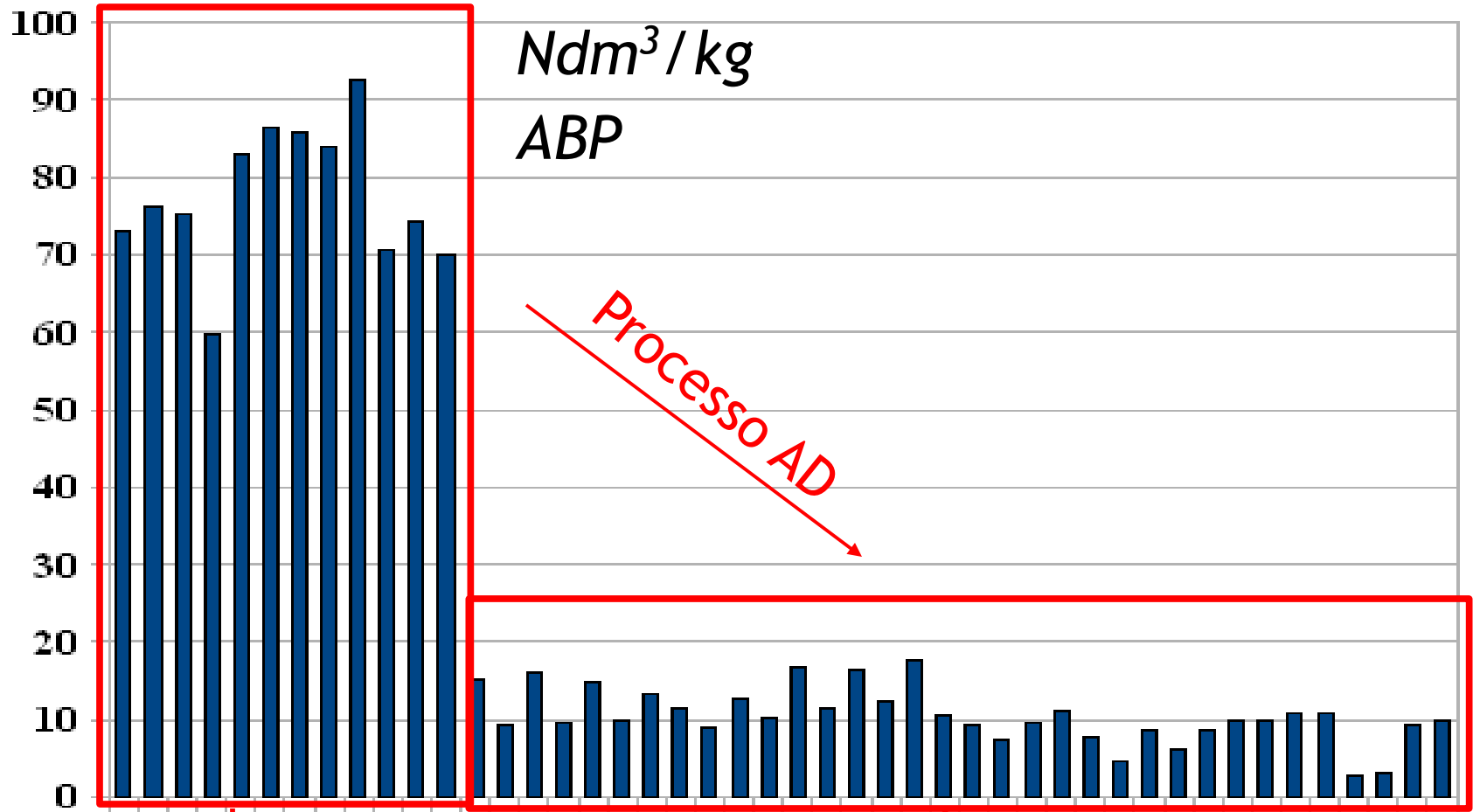
Il Digestato NON è l'ingestato

Sostanza organica

60-70% abbattimento



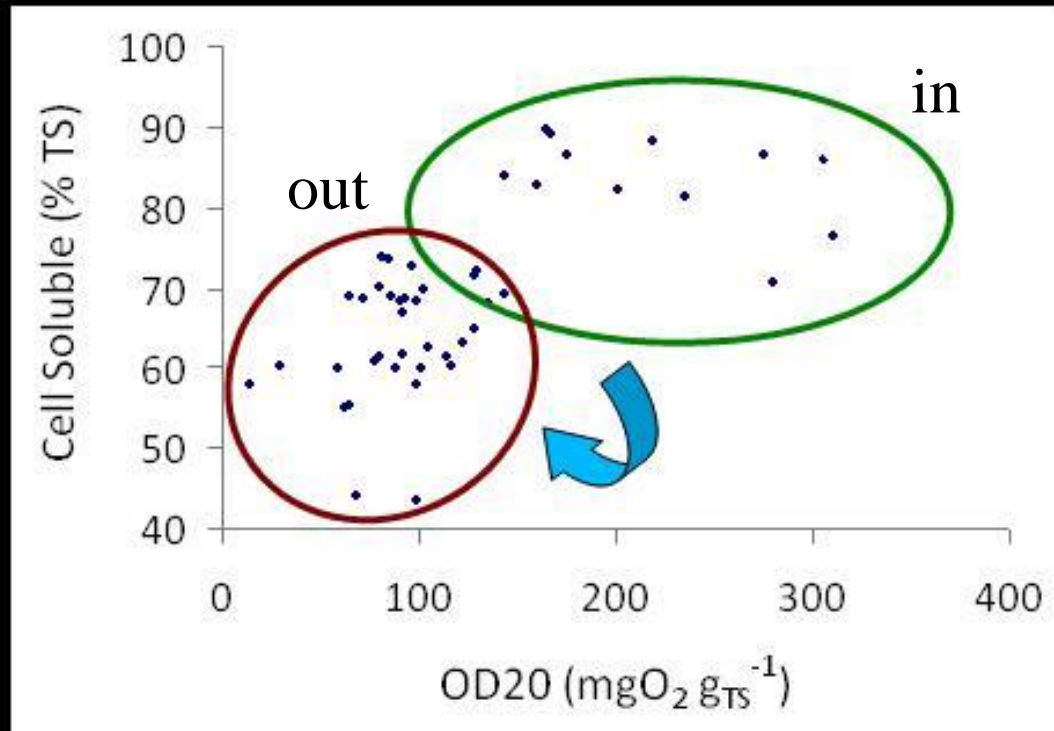
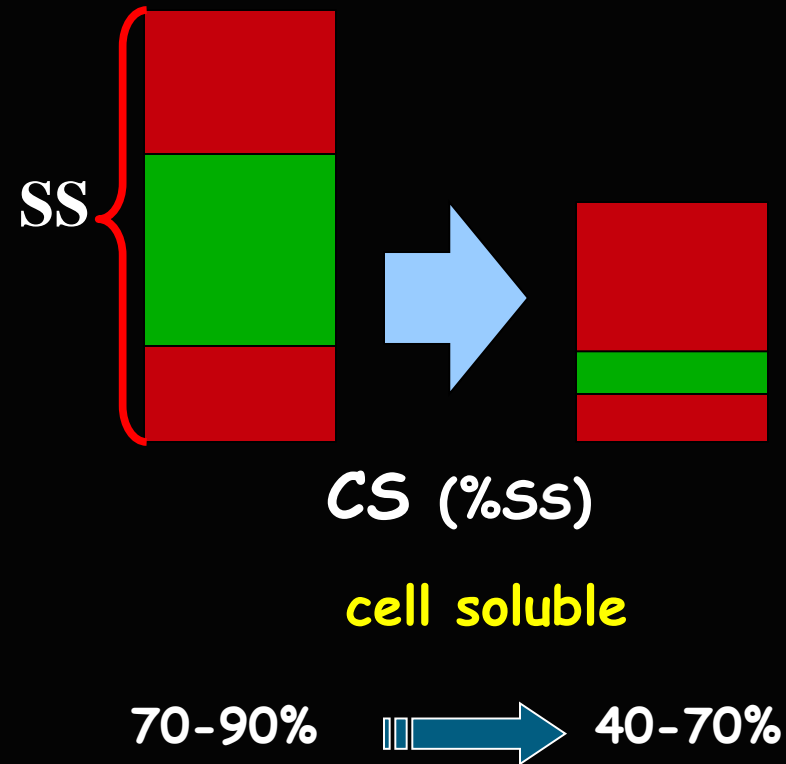
BMP in e BMP out



Ingestati

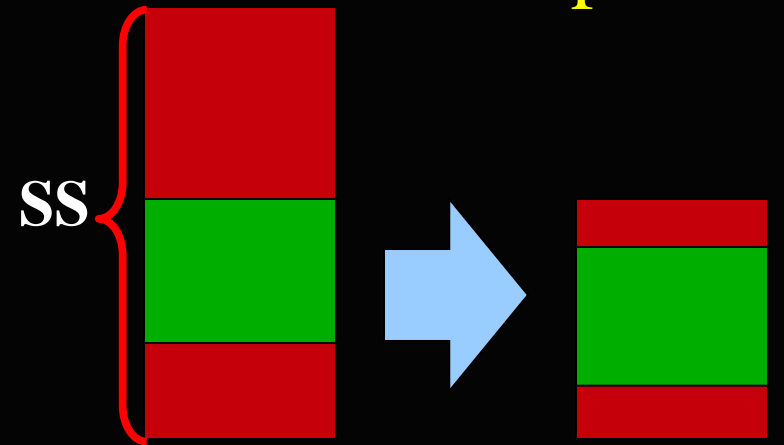
*Digestati a diversi tempi di
ritenzione*

Qualità della sostanza organica composizione macromolecolare



Qualità della sostanza organica

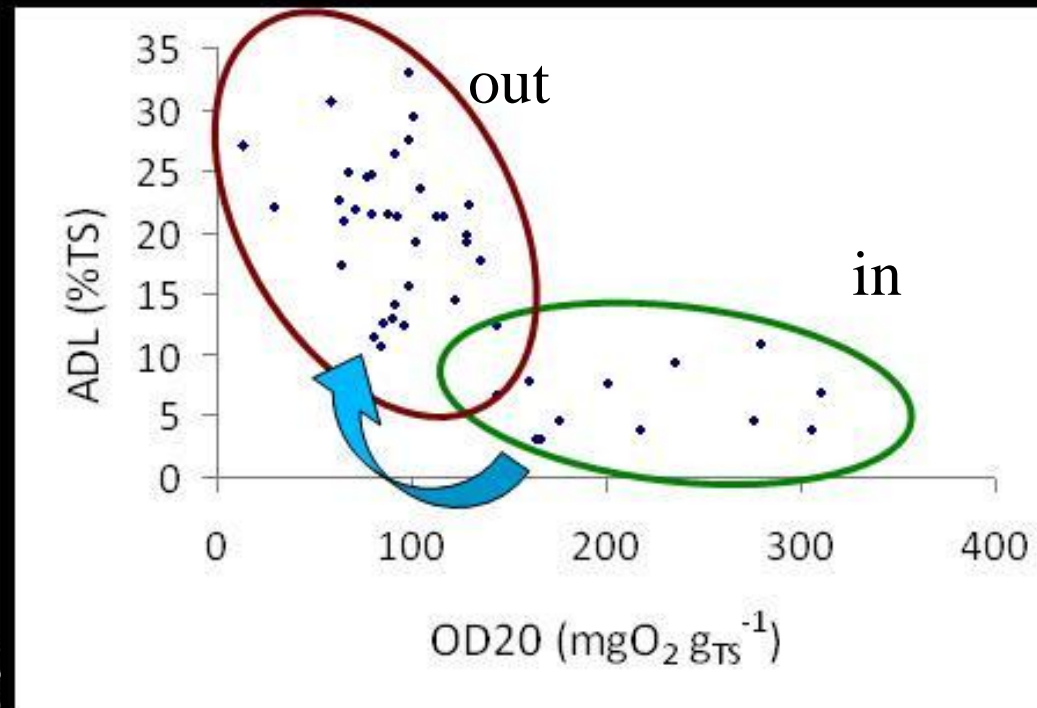
composizione macromolecolare



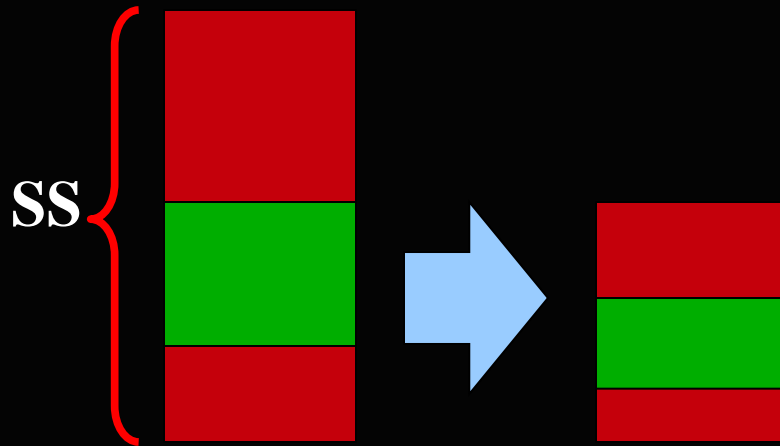
ADL (% SS)
(Lignina, cutina, suberina,
steroli, aromatici)

2-8% → 10-35%

**effetto
concentrazione**

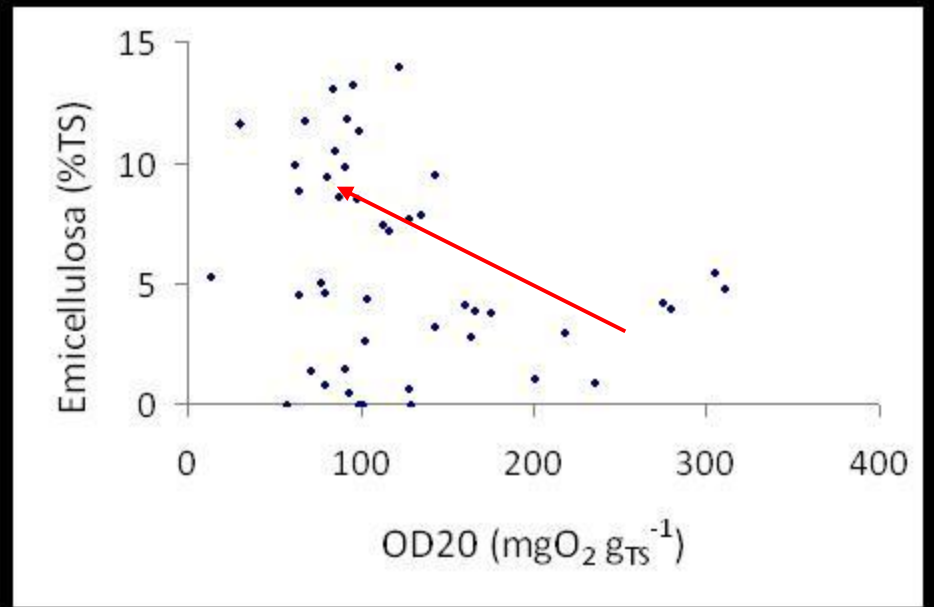


Qualità della sostanza organica composizione macromolecolare

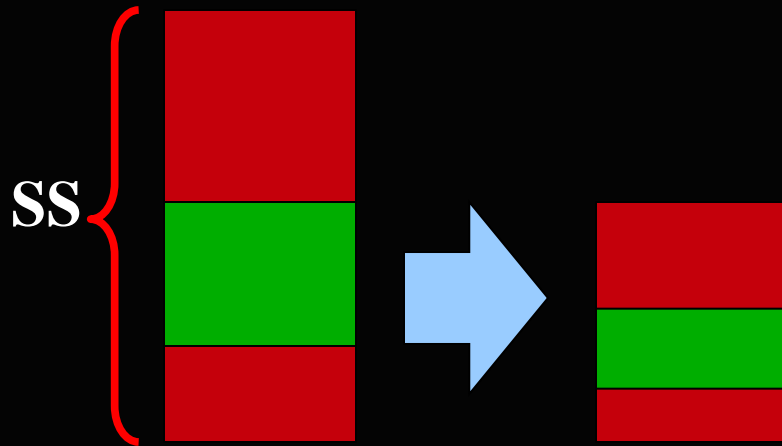


Emicellulosa (%SS)
0-4% → 0-15%

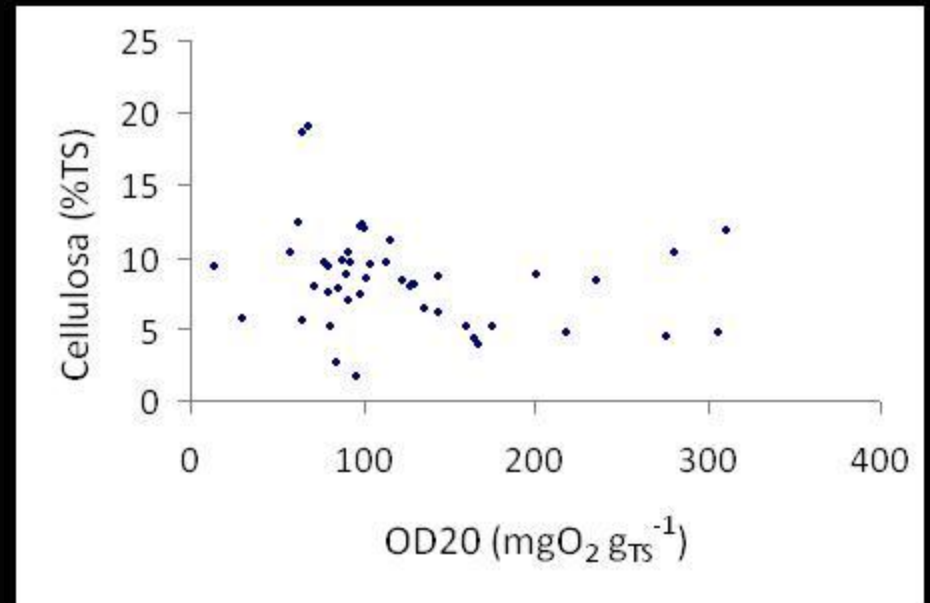
**effetto
concentrazione**



Qualità della sostanza organica composizione macromolecolare

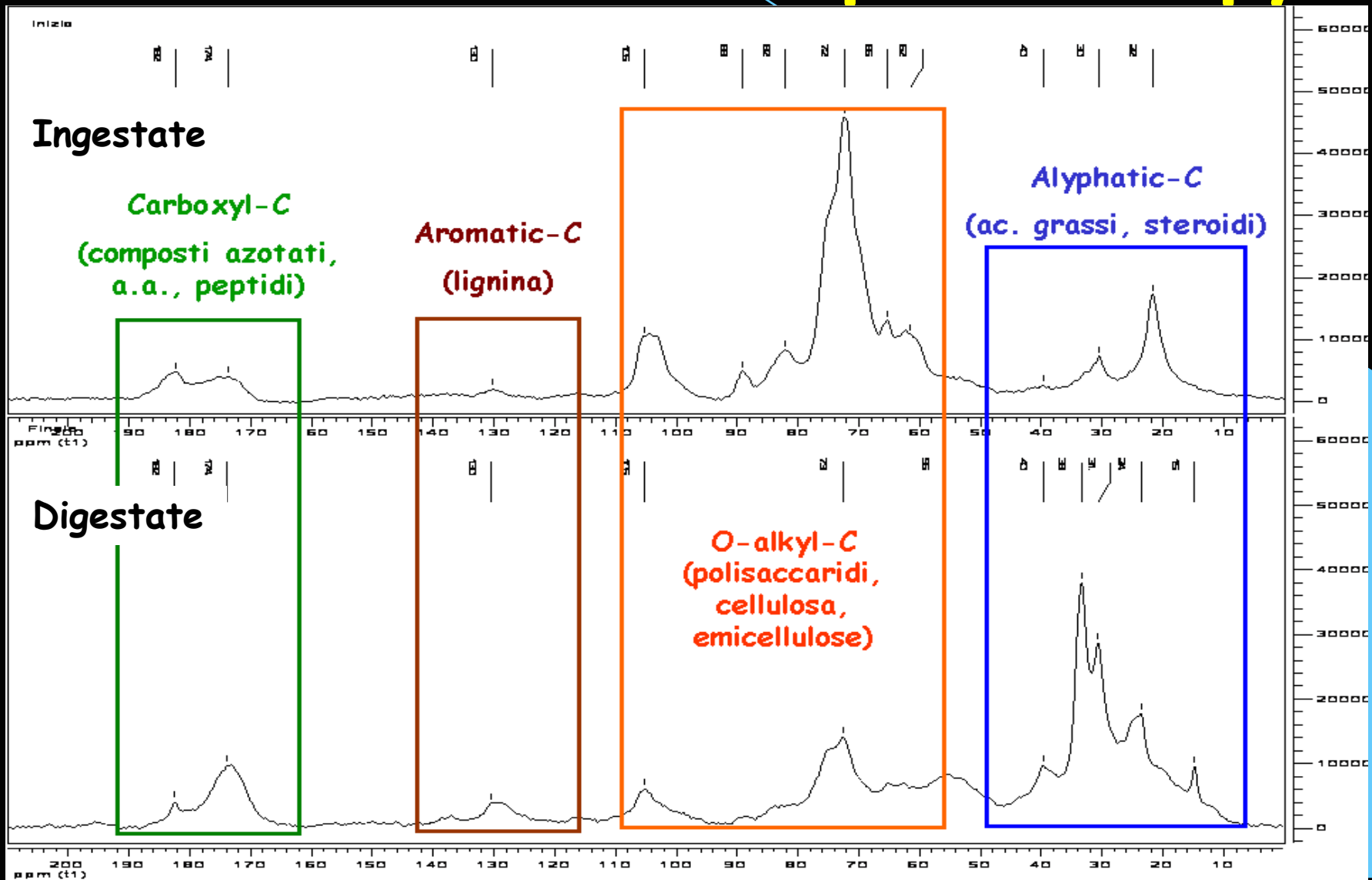


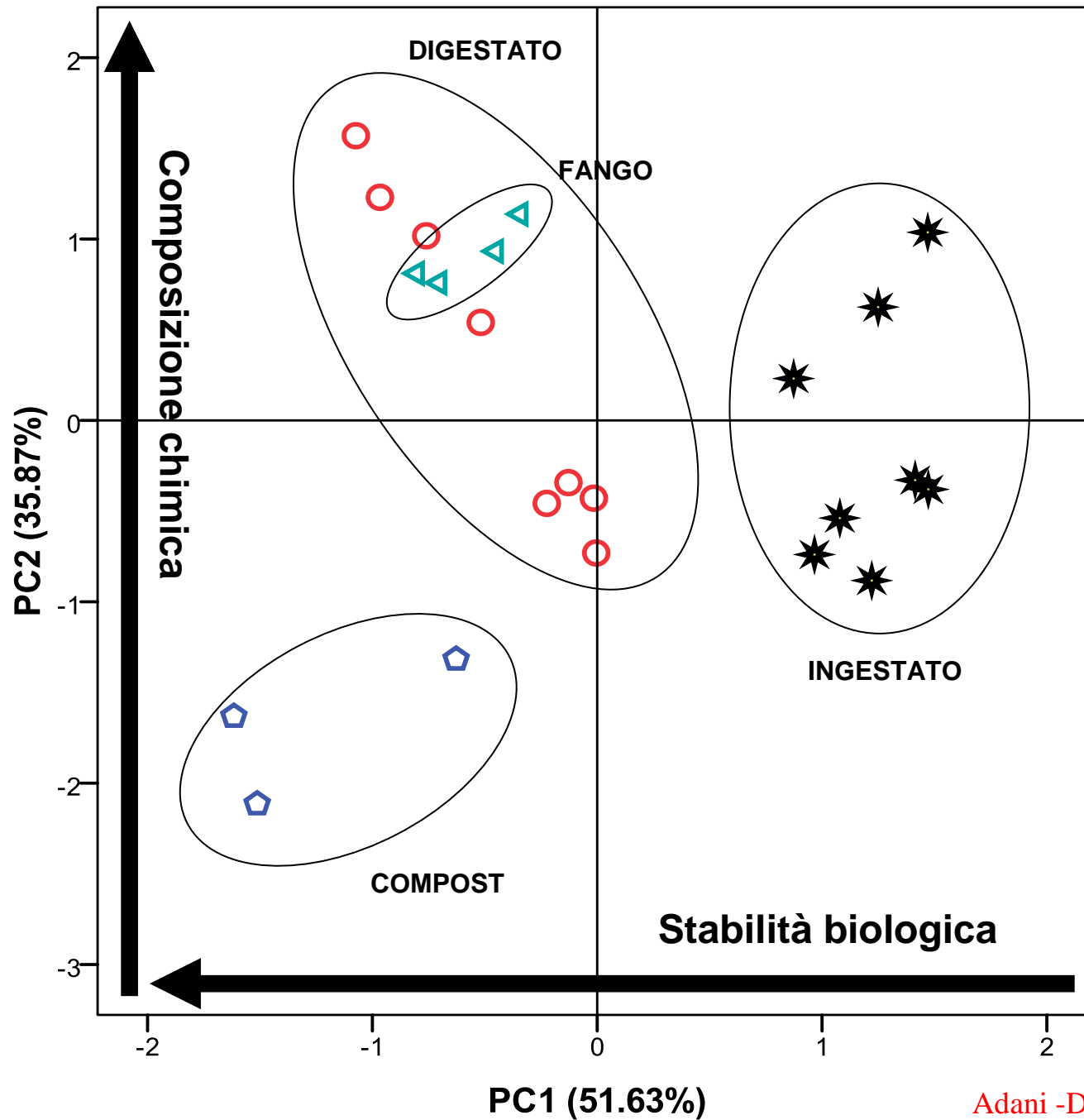
Cellulosa (%SS)
Costante: effetto
concentrazione



OM quality

CPMAS ^{13}C NMR Spectroscopy





VAR00001

- C
- D
- F
- I

E la componente minerale?

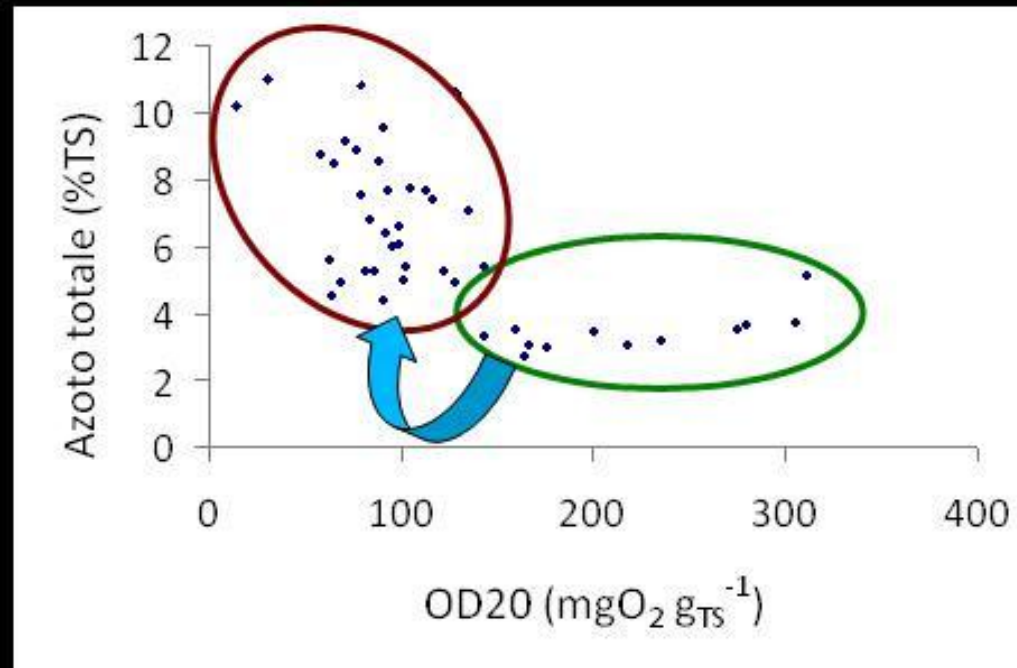


Bilancio quasi neutro

Concentrazione sul
secco

Total N (% TS)

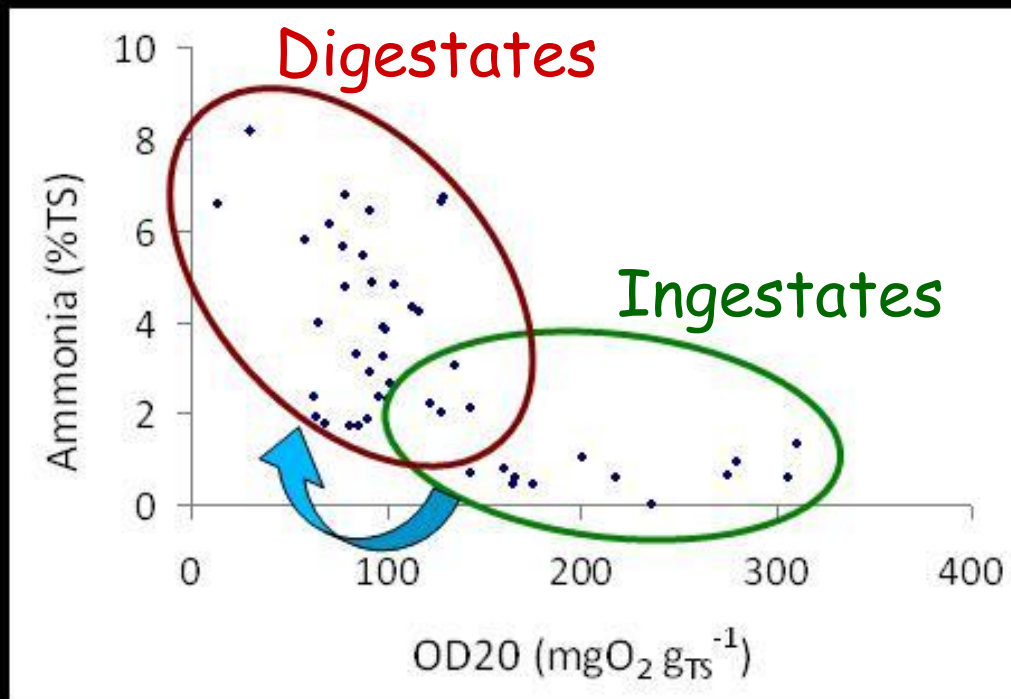
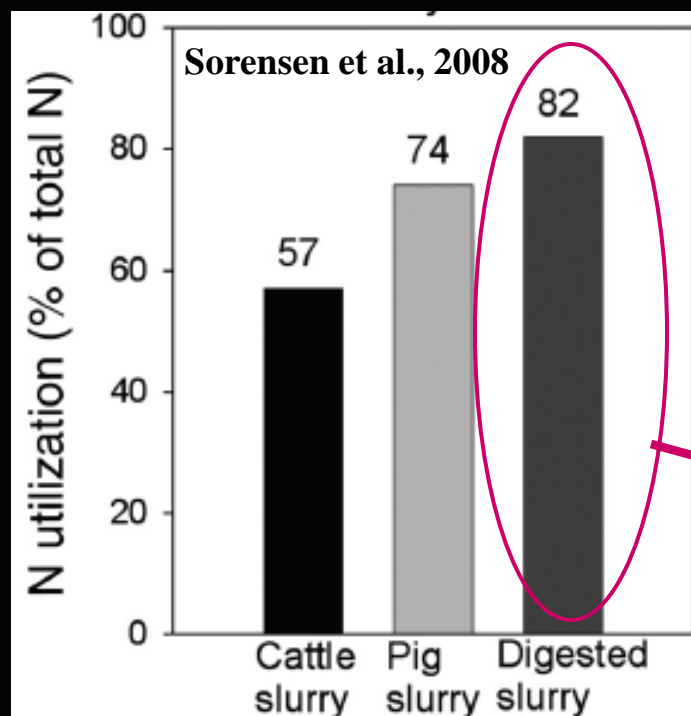
2-5%  5-12%



Aumento netto di N-minerale

N-NH₄ (% TS)

0-2% → 2-8%



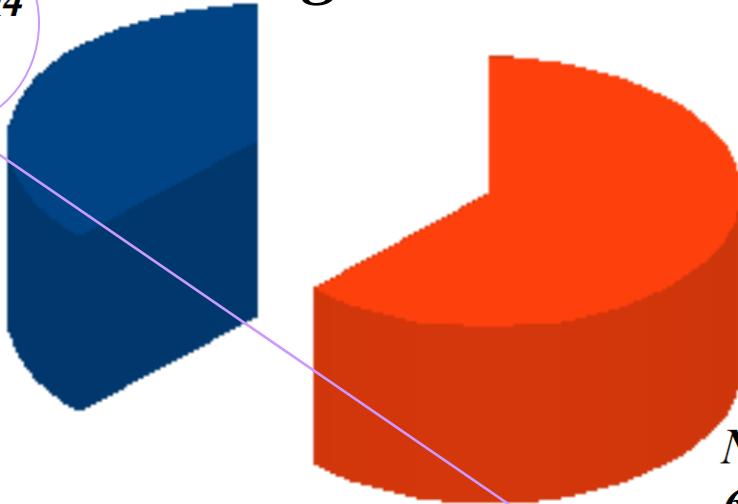
**Crop utilization efficiency
close to mineral fertilizers**

Digestione

(dati medi su 20 campionamenti in 3 impianti full scale)

Ingestato

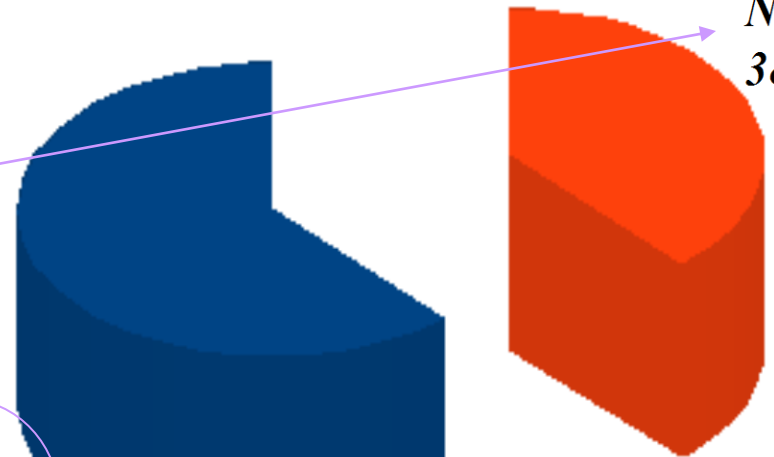
N-NH₄
38%



Norg
62%

Digestato

Norg
38%



N-NH₄
62%

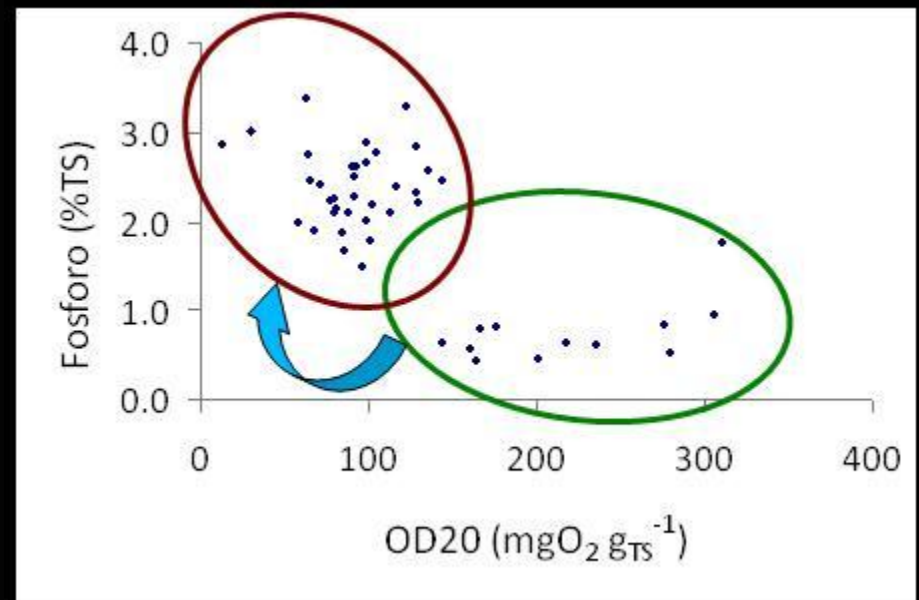
Nutrienti

Fosforo (%TS)

(P₂O₅)

0.3-1.5%  1.5-3.5%

**effetto
concentrazione**



Fosforo e Potassio

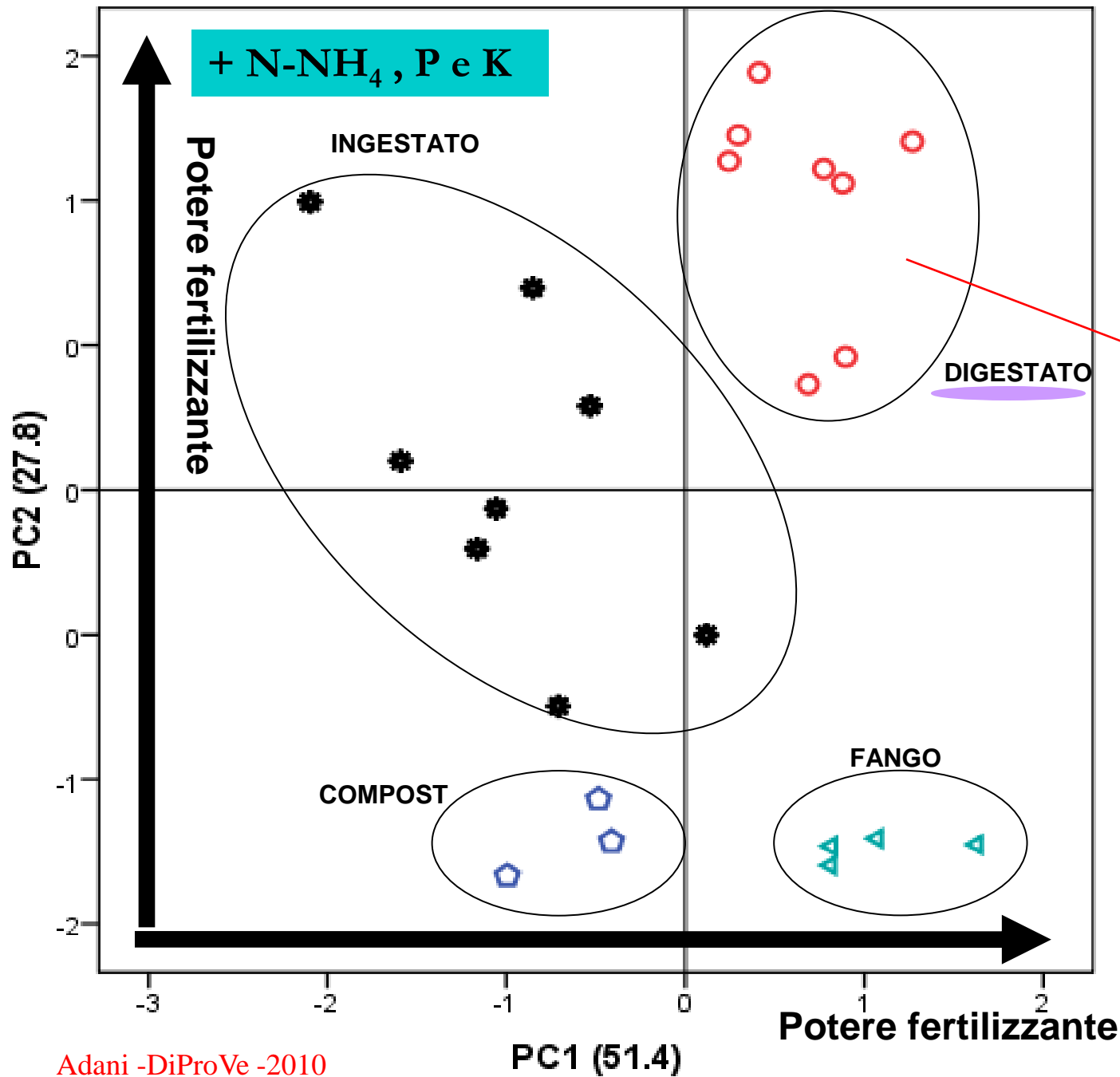
		Da FORSU			Da Colture, scarti e liquami			Da colture e liquami		
K	g kg ⁻¹	43.2	±	5.5	70.7	±	15.0	48.0	±	1.3
P	g kg ⁻¹	11.4	±	3.0	20.2	±	6.4	18.8	±	3.0
C/N	kg kg ⁻¹	8.8	±	0.4	10.9	±	0.7	13.0	±	0.8
C/K	kg kg ⁻¹	8.4	±	1.1	5.1	±	1.1	8.2	±	0.2
C/P	kg kg ⁻¹	31.8	±	8.4	17.9	±	5.7	20.9	±	3.3
N/K	kg kg ⁻¹	3.2	±	0.3	1.3	±	0.1	1.4	±	0.7
N/P	kg kg ⁻¹	12.0	±	1.0	4.5	±	0.3	3.5	±	1.7

Micronutrienti

Metalli

Esempio di digestato da FORSU

Metal	Value	Bio solid limit	Compost limits
Cd (mg/kg s.s.)	0.21	20	1.5
Hg (mg/kg s.s.)	1.19	10	1.5
Ni (mg/kg s.s.)	12.48	300	100
Pb (mg/kg s.s.)	18.16	750	140
Cu (mg/kg s.s.)	49.58	1000	230
Zn (mg/kg s.s.)	74.83	2500	500
Cr III (mg/kg s.s.)	1.16	750	-
As (mg/kg s.s.)	0.05	10	-
Cr VI (mg/kg s.s.)	0.08	10	0.5



VAR00001

- ◻ C
- ◻ D
- ◻ F
- ◻ I

**Ottimo
concime**

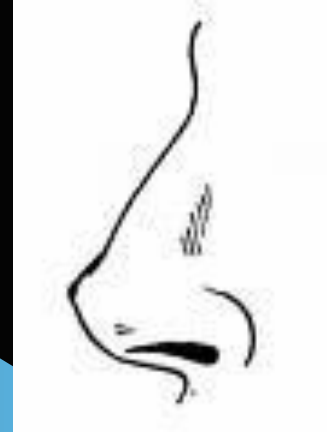
+ N tot e P

Impronta odorimetrica

Stabilità biologica

VS

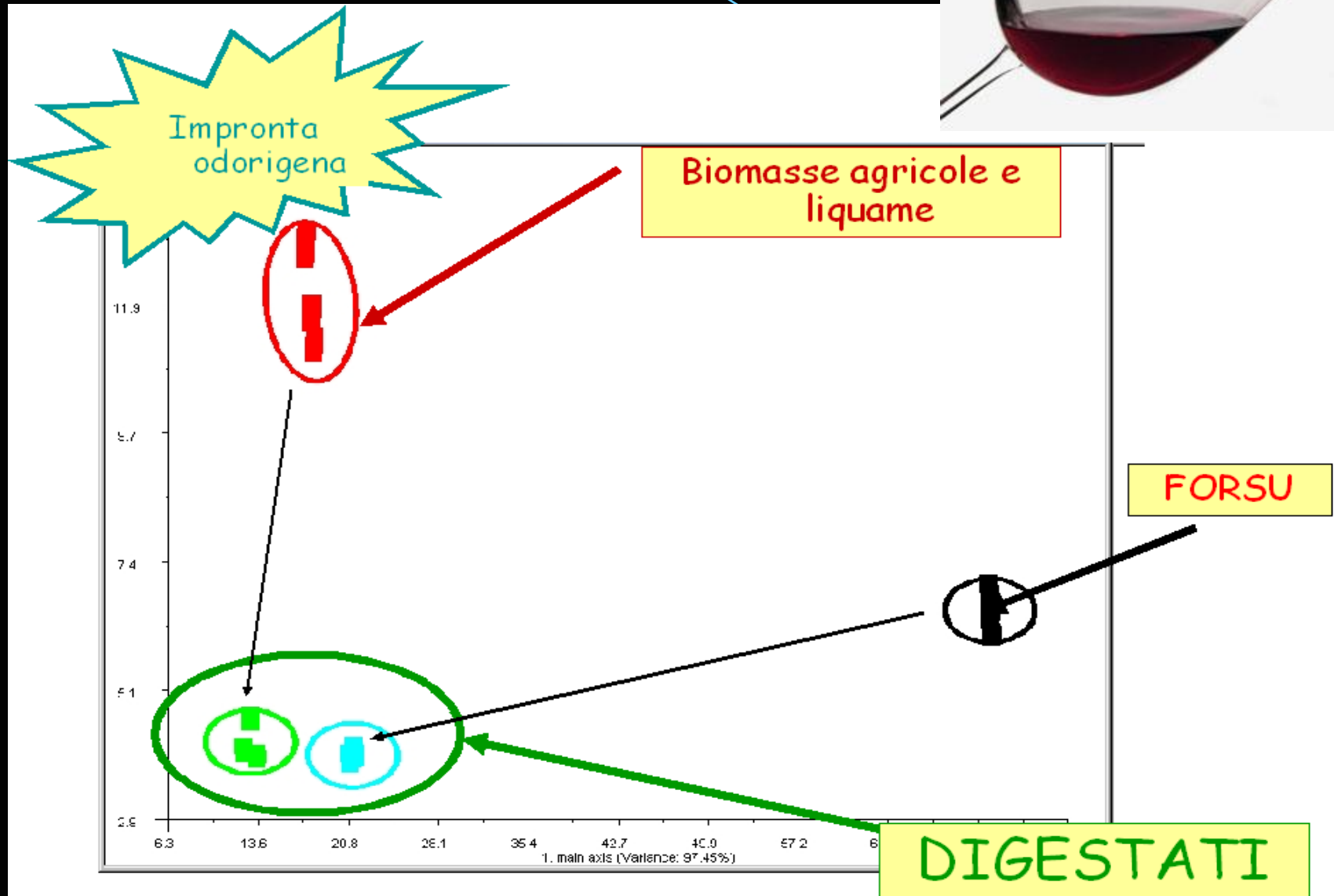
impronta odorimetrica



	Impatto odorigeno (OU m ⁻² h ⁻¹)	OD20 (mg O ₂ gss ⁻¹)
Forsu	119 446	316
Digestato	13 314	107
Biomasse e liquame	42 773	130
Digestato	5 317	62

$$r = 0.98; P < 0.05$$

...Questioni di naso.... elettronico!!



Parametri igienico-sanitari

Esempio: digestato da FORSU

Parameter	Digestate	Legge 99/92	Reg. CE 1774/02
Fecal coliform (MPN/g TS)	100	10.000	n.i.
Vital Helminthes eggs	Absent	Absent absent	n.i.
Salmonella	Absent	< 100	Absent
Escherichia coli	Absent	n.i.	< 1000

n.i. = not indicated

Utilizzo agronomico ??

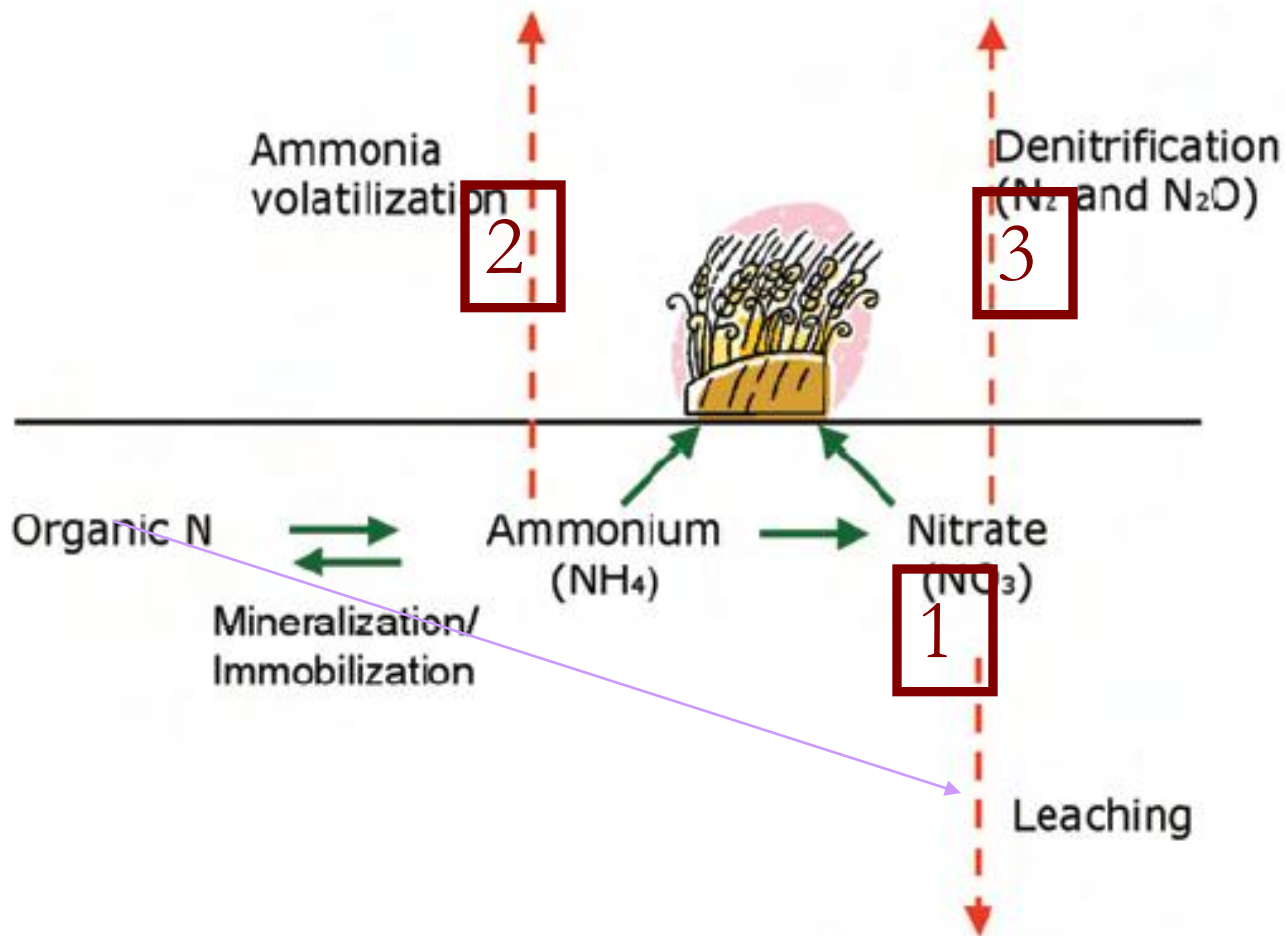
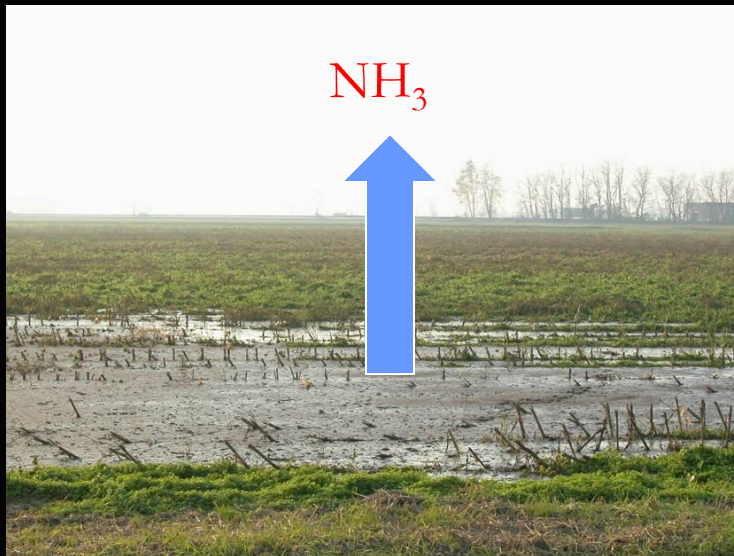


Figure 1. *The most important N transformations and losses after application of animal manure to soil.*

USO AGRONOMICO DEGLI EFFLUENTI DI ALLEVAMENTO



Cortesia: Sommariva
ARAL- SATA, 2010

Mineralizzazione N- organico

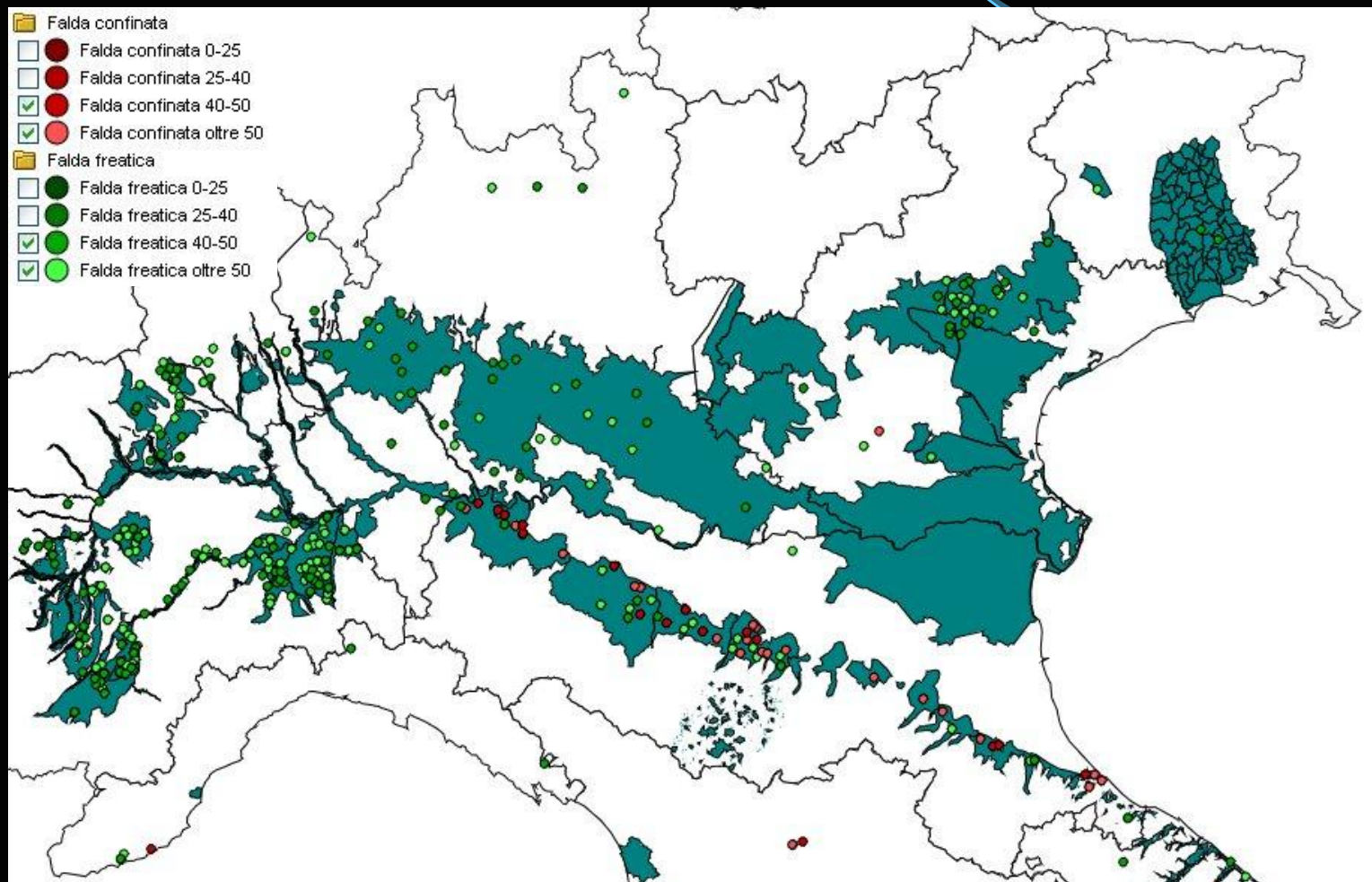
$$(N - NO_{3t}) = (N - N_{ORG.}) e^{-kt}$$

k = cost. di mineralizzazione (es. 0.0047 dd⁻¹, a 20 ° C e)

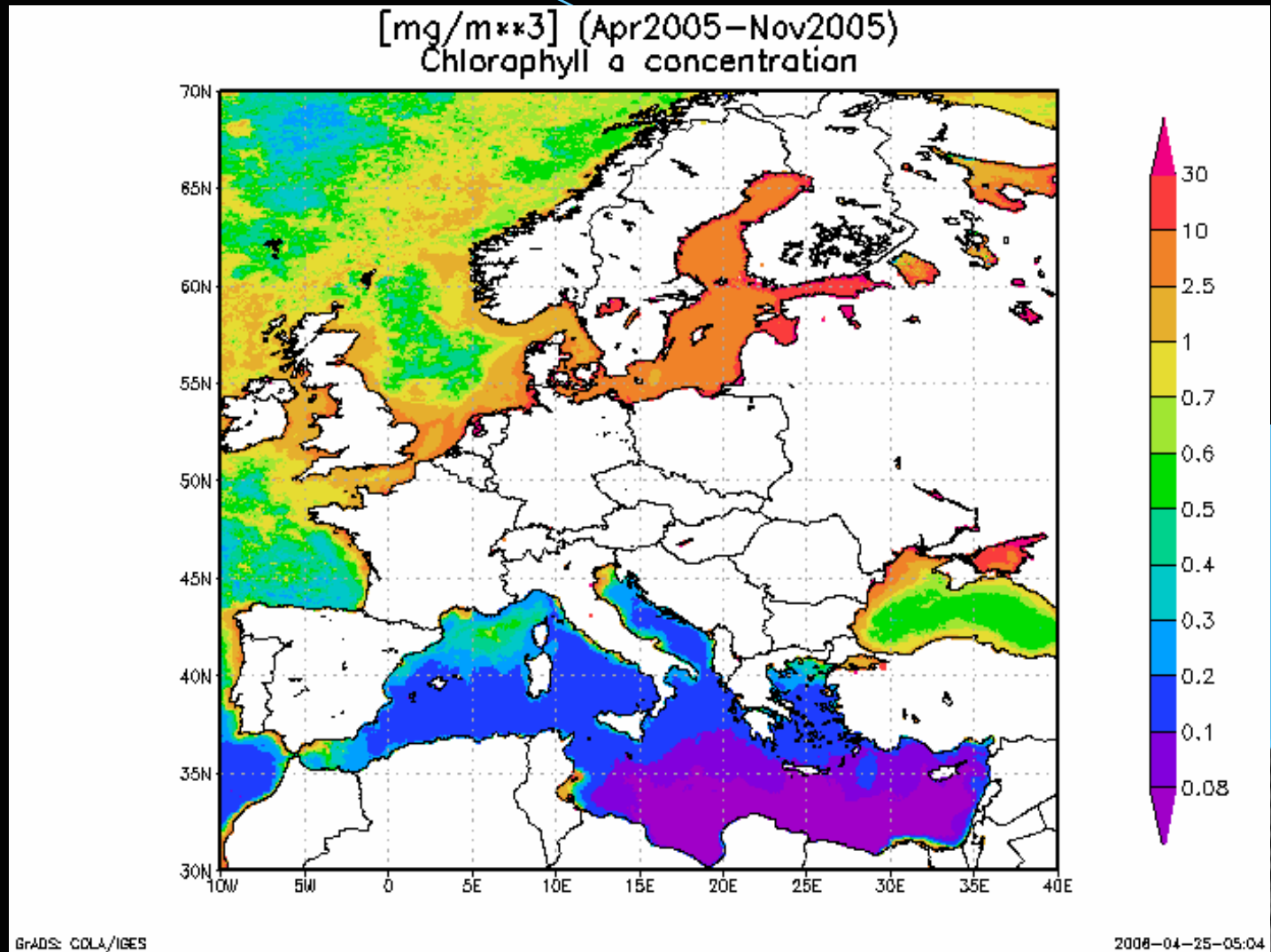
k = cost. di mineralizzazione es. 0.0077 dd⁻¹

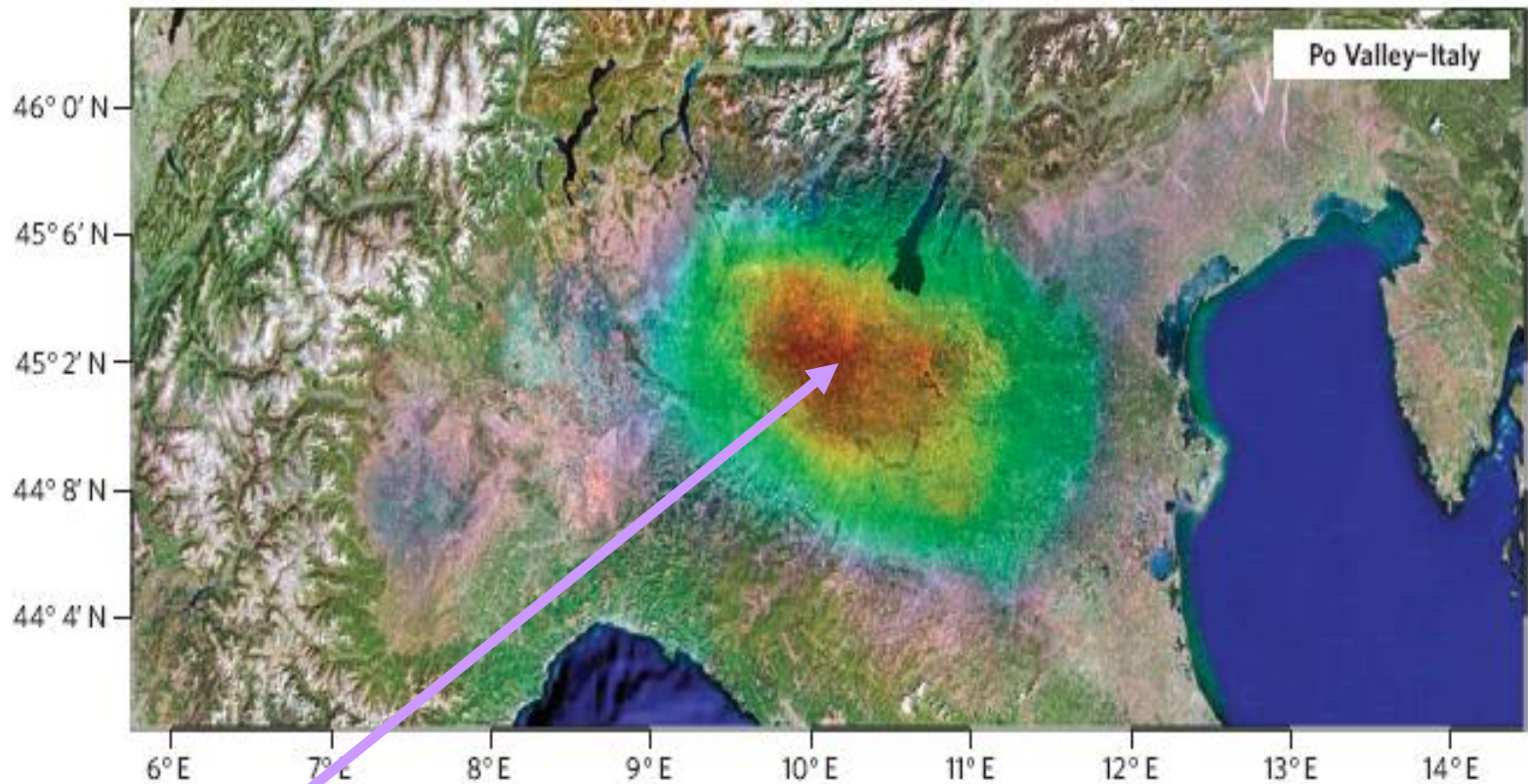
Bacino Padano-Veneto-Friulano

Concentrazioni di nitrati oltre 40 mg/l nelle acque sotterranee



.. gli effetti





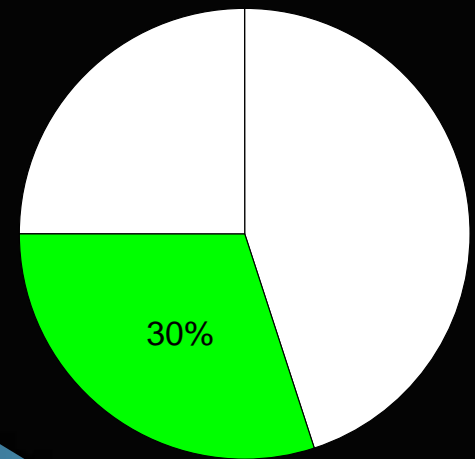
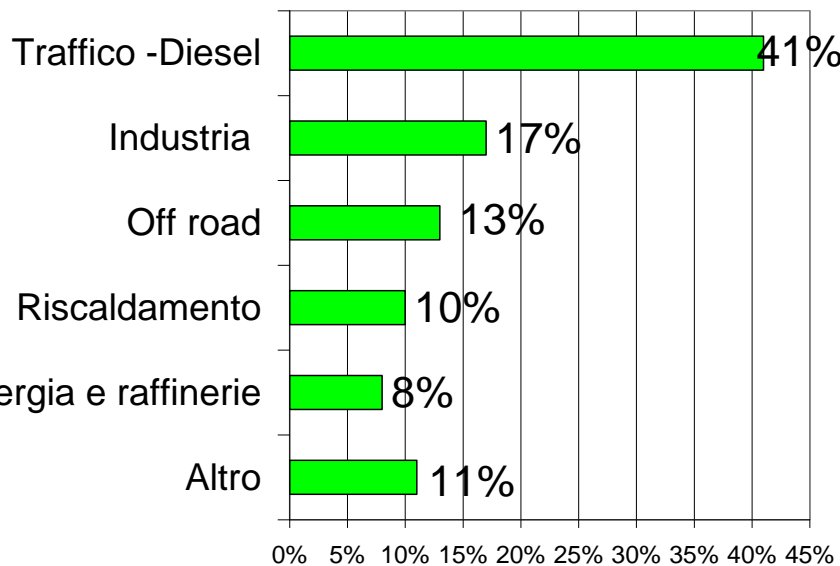
NH_3 concentrations derived from IASI observations above the Po Valley

Lieven Clarisse et al., *Nature Geoscience* 2, 479 - 483 (2009)

PM10 secondario inorganico

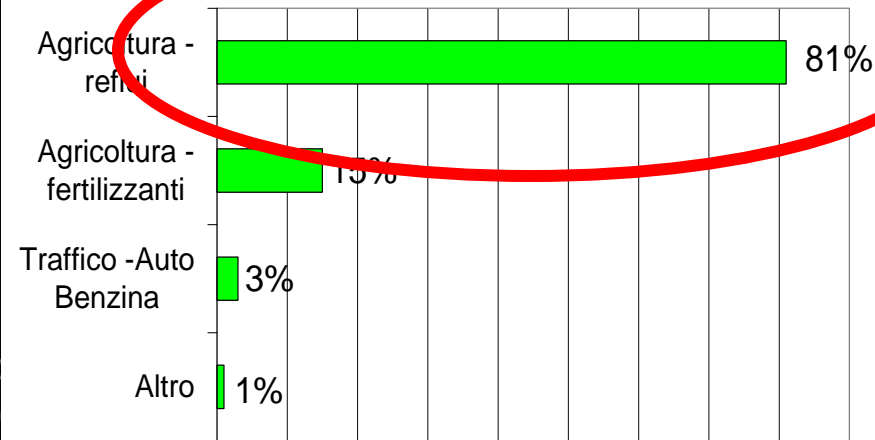
Principali sorgenti di NO_x e NH₃

Sorgenti NO_x



**Secondario Inorganico
da NO_x NH₃ (SO₂)**

Sorgenti NH₃



Boccasile, 2010, dati ARPA

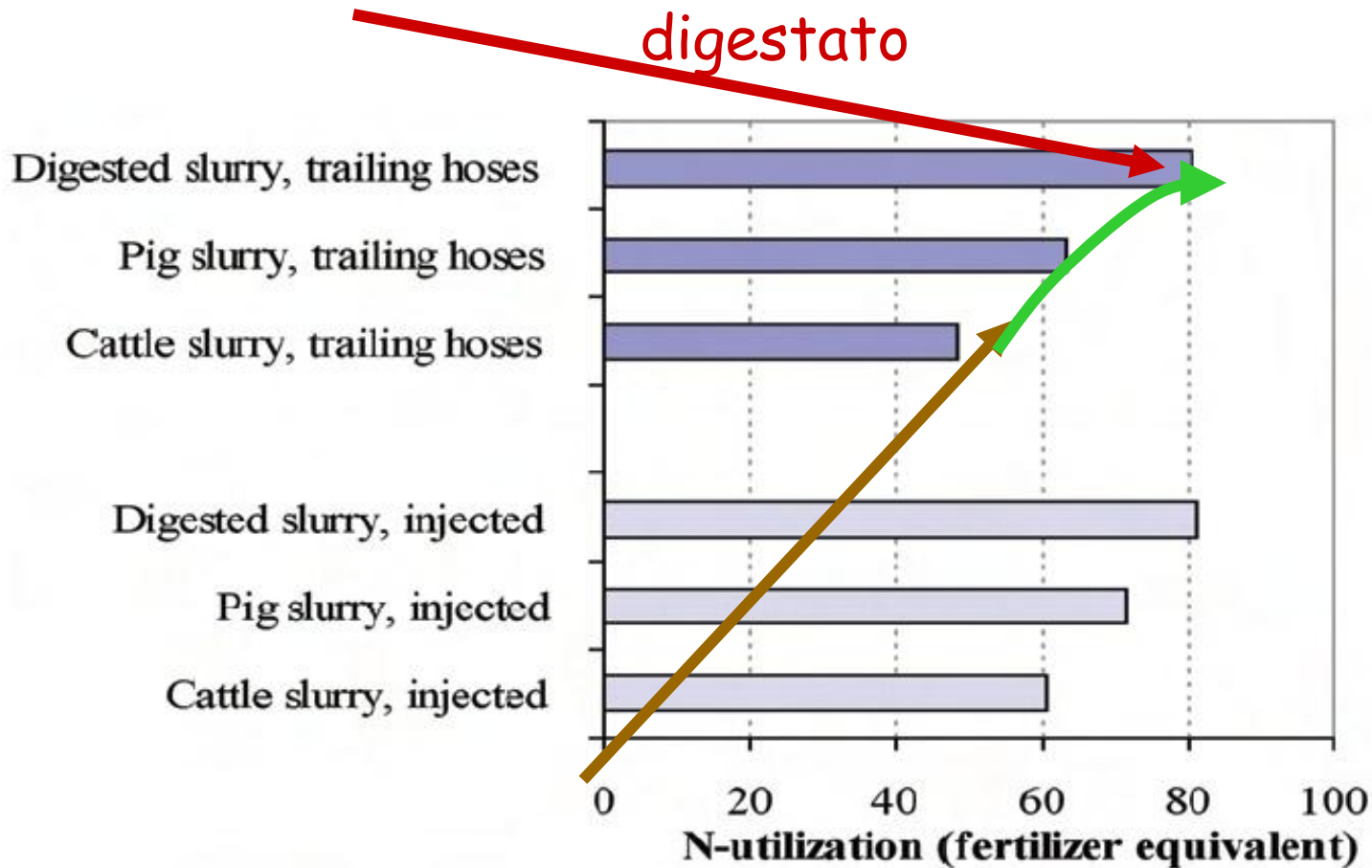
Contributo agricoltura alle emissioni

- ✓ Nel 2002 l'agricoltura ha contribuito al 10% delle emissioni di GHG (EU-15): N_2O e CH_4
 - N_2O = fertilizzanti;
 - CH_4 = fermentazioni enteriche;
- ✓ 31 % è il contributo dell'agricoltura alle emissioni acidificanti;
- ✓ 90 % nel periodo estivo è il contributo dell'agricoltura alle emissioni NH_3 .
- ✓ 5 % and 25 % è il contributo dell'agricoltura per PM 2.5 e PM 10, ed anche più in aree intensive.

La filiera biogas può contribuire a migliorare la situazione?

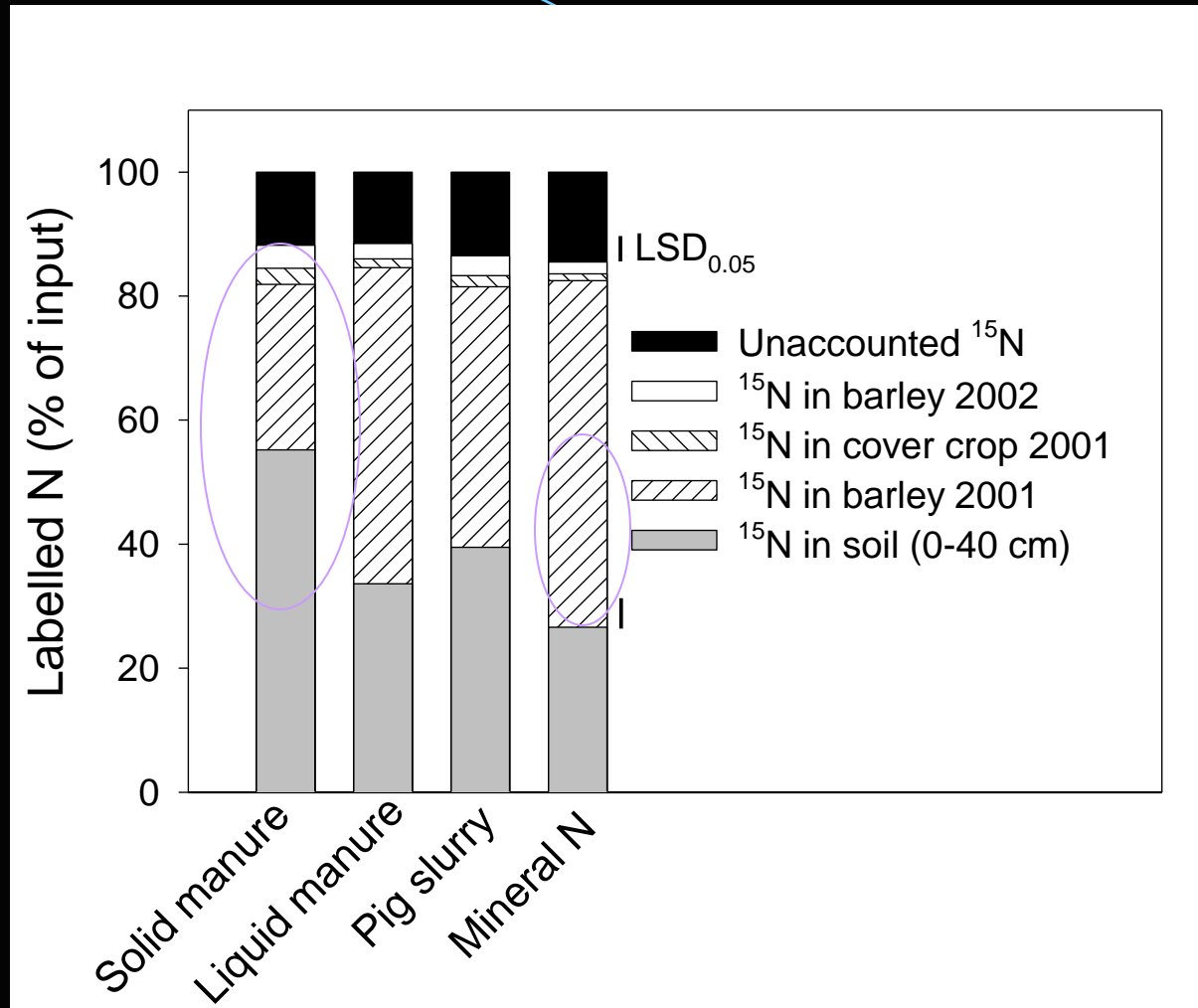
**Produzione e utilizzo di fertilizzante
azotato a pronto effetto**

1. % azoto minerale



Fonte: Pedersen 2003

2. Efficienza di utilizzo alla coltura



Recovery of ¹⁵N in crops and soil 15 months after incorporation of ¹⁵N-labelled mineral N and ¹⁵N-labelled separated and unseparated pig slurry applied to a barley crop in 2001. The slurry was separated by centrifugation into a solid and a liquid fraction (data from Sørensen & Thomsen, 2005).

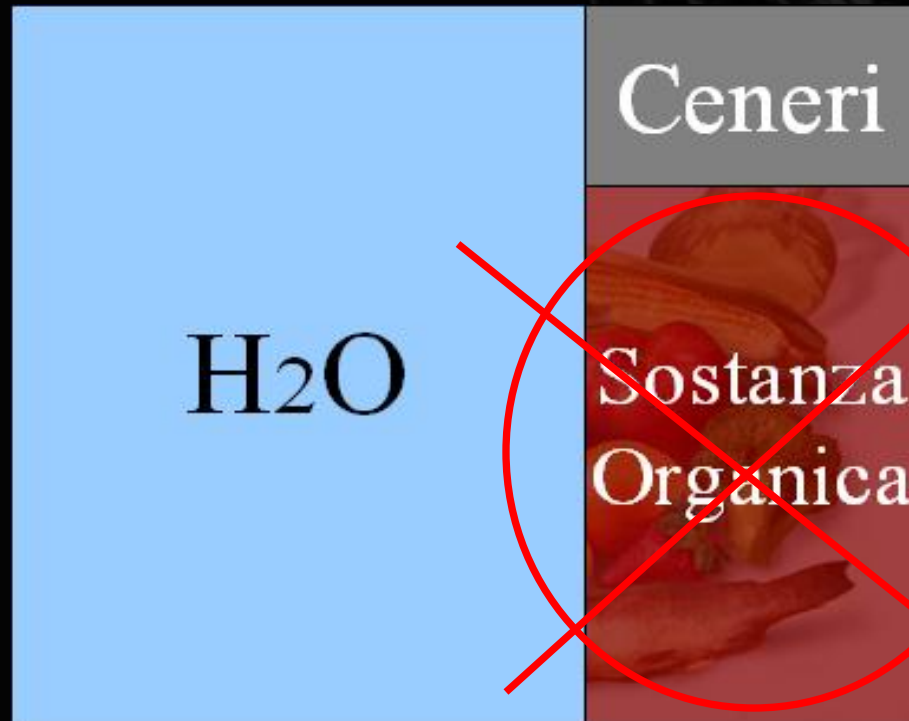
E' evidente che

1. minore è l'apporto di N-org. al suolo minore sarà la presenza di N-NO₃ lisciviabile

2. Il dosaggio deve essere appropriato

la politica delle deroghe alla direttiva nitrati, infatti, prevede la presenza di una coltura permanente al fine della captazione dei surplus di N.

Se escludessi la frazione organica dal digestato otterrei un fertilizzante inorganico a pronto effetto da utilizzarsi a bilancio della coltura.



Sistemi semplici: separazione solido/liquido e decantazione nelle vasche di stoccaggio



Adani -DiProVe -2010

Separatore solido liquido (Centrifuga full scale)

$N-NH_4/P = 4-12$

$N-NH_4/K = 1-6$

$N-NH_4 / N\text{ org.}$

Separato Liquido
90.4%

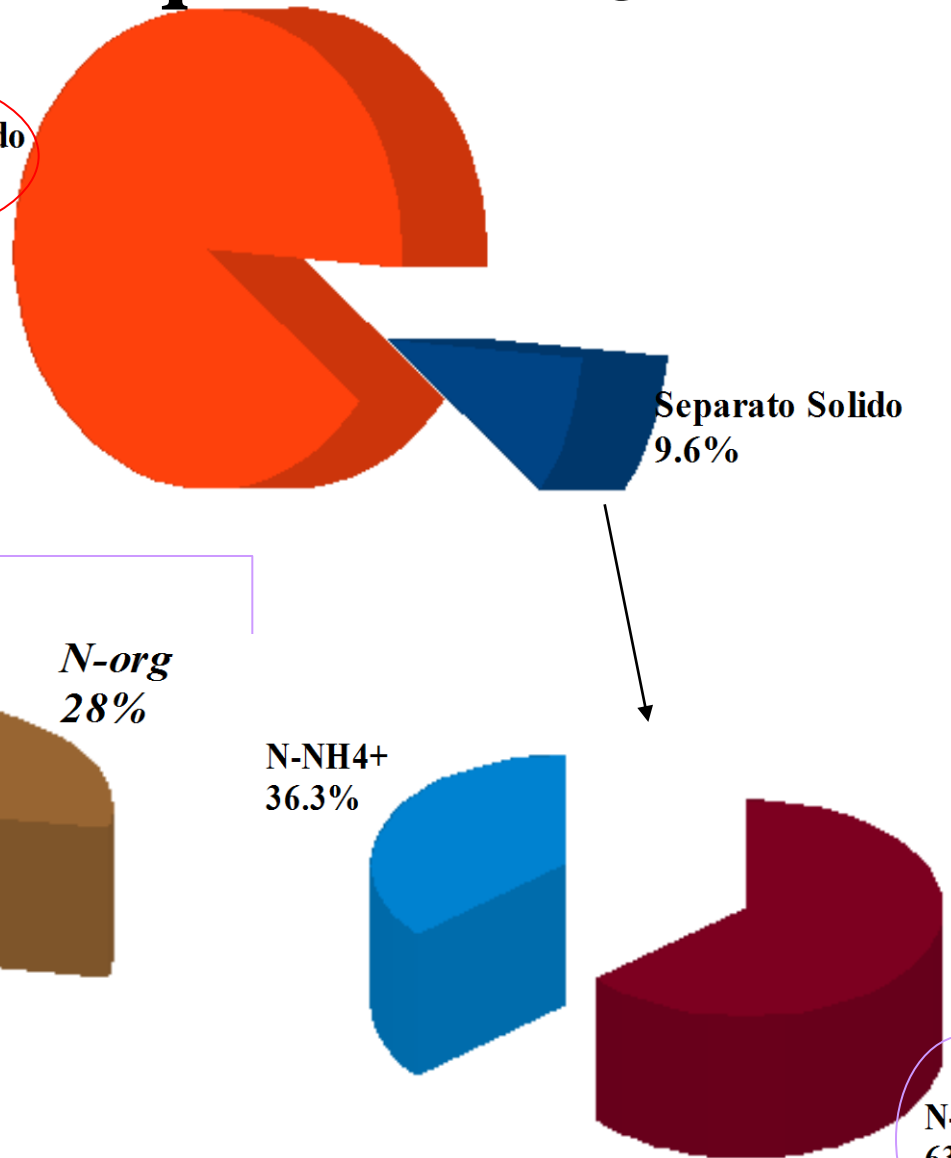
Separato Solido
9.6%

$N\text{-org}$
28%

$N-NH_4^+$
36.3%

$N-NH_4$
72%

$N\text{-org}$
63.7%



Sedimentazione in Vasca di lagunaggio

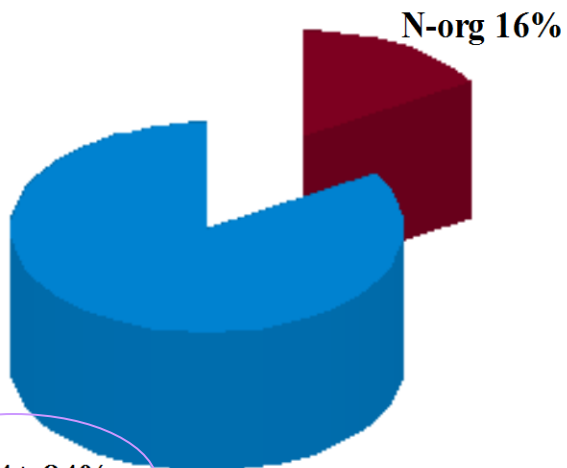
Surnatante vasca
92.2%



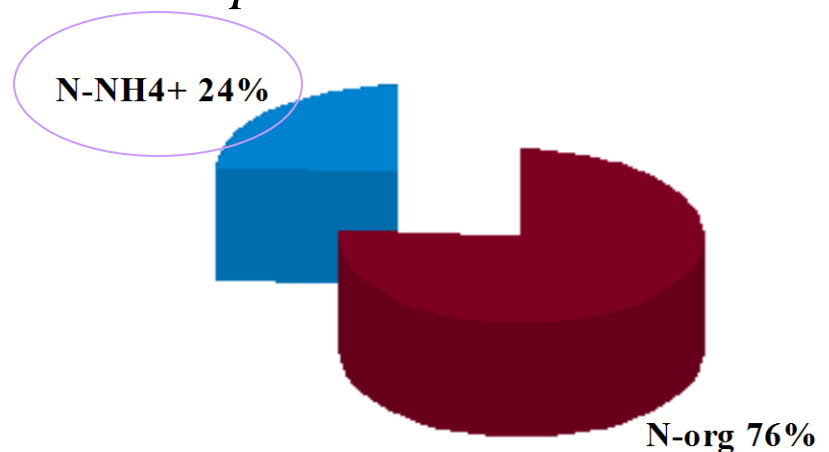
Accumulo Fondo
7.8%

Azoto: N ammon. / N organico

Separato Liquido



Separato Solido



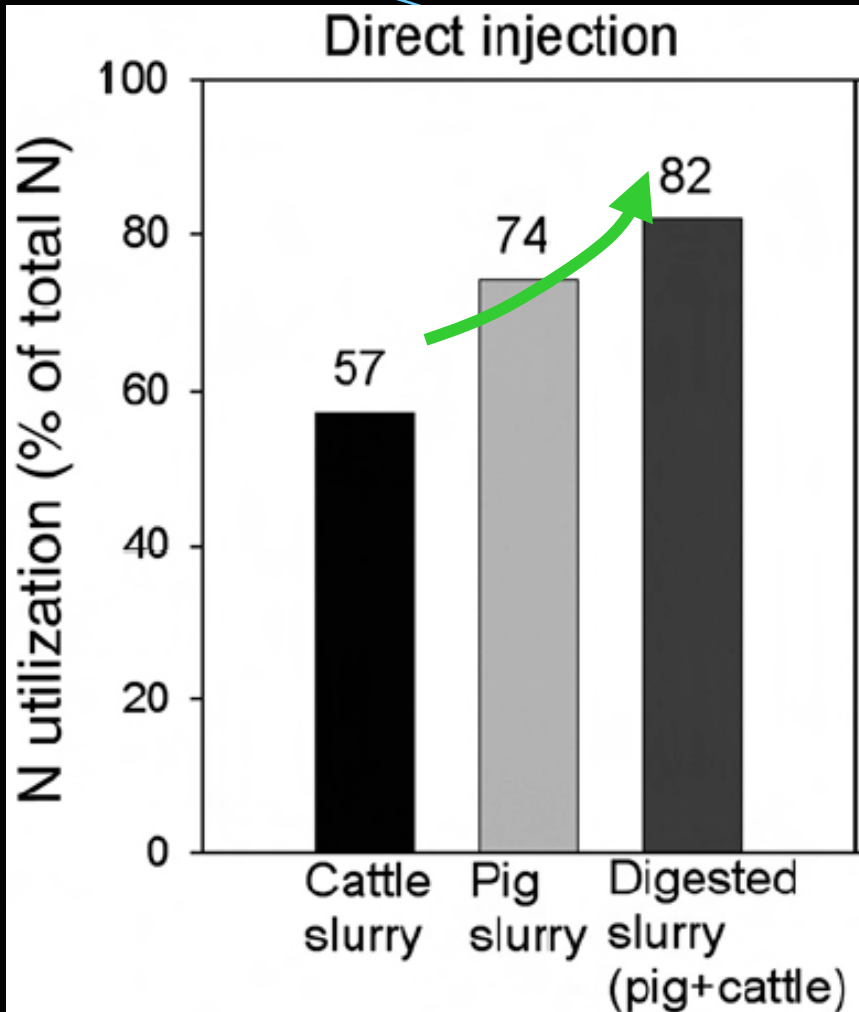


Figure 5. *Mineral fertilizer replacement value of cattle slurry, pig slurry and digested slurry applied to winter wheat by direct injection or surface banding. Average of 12 years' on-farm experiments in Denmark (data from Pedersen, 2001).*

Preparare un buon fertilizzante:

➤ Digestione anaerobica;

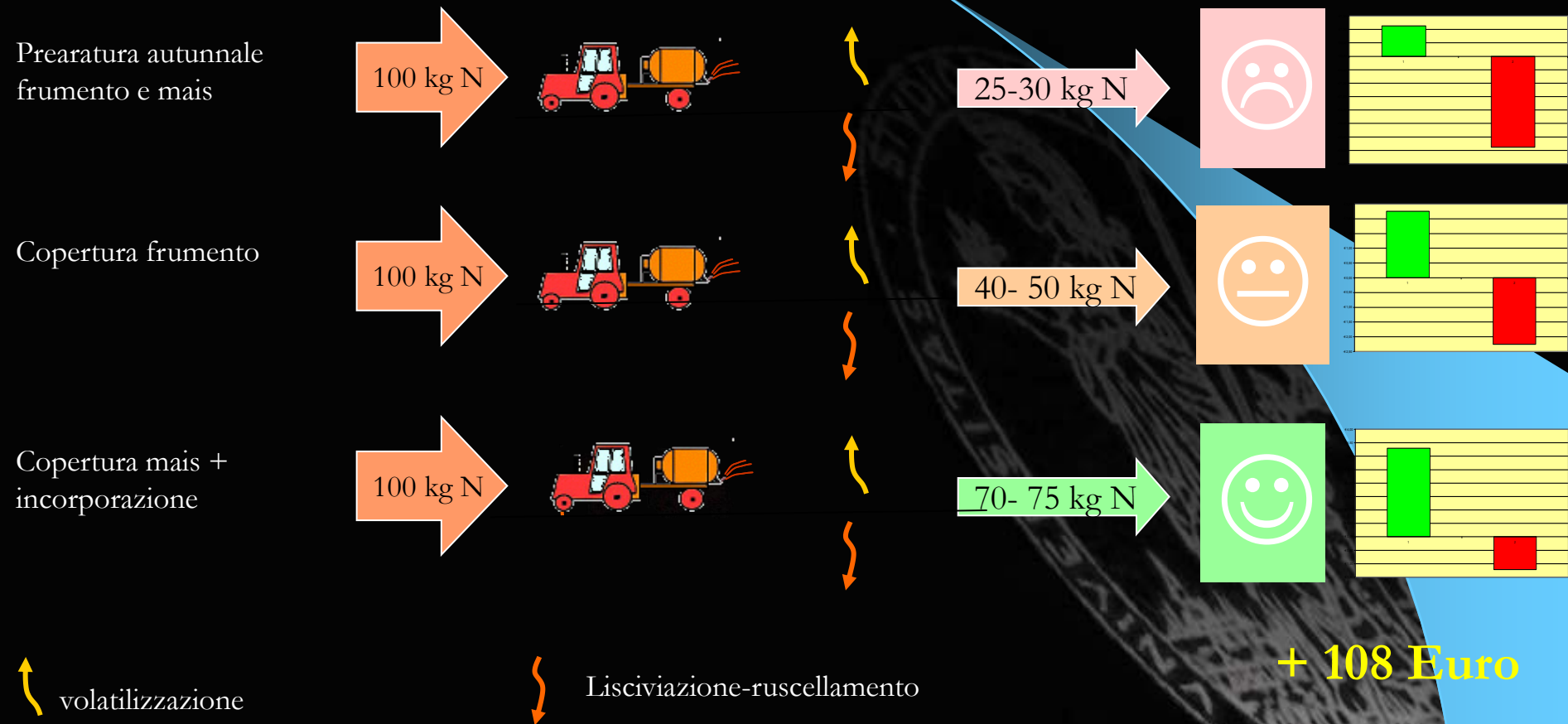
➤ Separazione S/L + decantazione =

Digestato liquido (DL) + digestato solido (DS);

DL = sostituzione fertilizzanti chimici

DS = ammendante e/o esportato dall'azienda

Aumentare l'efficienza



La Proposta DiProVe – Regione Lombardia

DA	$\text{N-NH}_4 > 70\%$
Efficienza di utilizzo alla coltura	90%

DA definito secondo parametri:

- Stabilità biologica
- Aspetti igienico-sanitari
- Titolo N_{tot}
- Titolo N-NH_4

Efficienza di utilizzo

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

Approvato Conf. Regioni e proposto come
modifica del DM7 aprile 2006, recante

“criteri e norme tecniche generali per la
disciplina regionale dell'utilizzazione
agronomica degli effluenti di allevamento”

Evitato utilizzo di unità fertilizzanti di sintesi

Emissioni evitate:

	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	HCl
N (g/kgN)	3300	0.36	8	4.6	0.18
P (g/kgP)	2900	4.6	18	39	3.9

Boriesson et al 2006

Poco terreno agrario?

DIREZIONE GENERALE AGRICOLTURA: decreto n. 9129 del 13.08.2008

PROGETTO

"VALORIZZAZIONE DEGLI EFFLUENTI DI ALLEVAMENTO E LORO GESTIONE COMPENSATORIA"

Regione Lombardia – SATA – ARAL- UNIMI, Cortesia di Flavio Sommariva
Specialista SATA, Settore Agronomia e Gestione Reflui, progetto Pilota

Strippaggio a caldo dell'ammoniaca



Az. Agricola Sturla

Adoni - DiProVe 2010
-DI.PRO.VE- Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Milano

Le varie fasi di separazione

Tal quale

Dopo UF-2



L'osmosi inversa



Cortesia di Fiolini s.r.l BS

-DI.F.HO.VE- DiProVe 2010
Università degli Studi di Milano

Sistemi chimico fisici



Cortesia di Fiolini s.r.l BS

**Legare l'utilizzo del
digestato ad una
maggiore tutela
ambientale è il passaggio
strategico per costruire
nuove prospettive oltre la
direttiva nitrati.**

Grazie per l'attenzione

