



LCA dell'utilizzo agronomico del digestato: considerazioni metodologiche

Stefano Puricelli, Camilla Tua, Prof. Mario Grosso,
Prof. Lucia Rigamonti

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Politecnico di Milano



Introduzione

L'utilizzo agronomico del digestato è una pratica che permette il riciclo di parte dei nutrienti e delle sostanze organiche contenuti nelle acque reflue.



EMISSIONI in ARIA



FORNITURA
NUTRIENTI

EVITATO CONSUMO DI
FERTILIZZANTI
MINERALI DI SINTESI

EMISSIONI nel SUOLO
EMISSIONI nelle ACQUE
SOTTERRANEE

Emissioni di composti del carbonio

(in Danimarca)

CH₄

- Lo 0,05% del carbonio viene emesso come metano (Yoshida et al., 2018)

CO₂

- Si può assumere che il carbonio restante venga emesso in aria come CO₂ (Yoshida et al., 2018)

STOCCAGGIO DI C

- Trascurabile nel lungo periodo

**NEUTRALITÀ
CARBONICA**

(in Australia)

- Il 12% del carbonio nel digestato è fossile (Law et al., 2013)

Emissioni di composti dell'azoto e del fosforo



EMISSIONI IN ARIA

- NH_3
- NO
- N_2O
- N_2O indiretta dovuta a discioglimento e scorrimento di N
- N_2O indiretta dovuta a deposizione atmosferica di NH_3 e NO_x

EMISSIONI IN ACQUA

- P

MODALITÀ DI SPANDIMENTO

- Rispetto allo spandimento superficiale, l'interramento o l'iniezione riducono dell'80% - 90% le emissioni di ammoniaca (Carozzi et al., 2013; Veneto Agricoltura, 2014)

EMISSIONI NEL SUOLO

- NO_3^-

METODOLOGIA DI CALCOLO SUGGERITA

- Agri-footprint 6 Methodology Report - Part 2 (Blonk et al., 2022) e fonti citate al suo interno

Blonk et al., 2022. Agri-footprint 6 Methodology Report – Part 2: Description of Data.

Carozzi et al., 2013. Evaluation of mitigation strategies to reduce ammonia losses from slurry fertilisation on arable lands.

Veneto Agricoltura, 2014. Tecniche di distribuzione degli effluenti zootecnici e agro-energetici.

Emissioni di metalli pesanti nel suolo



CATEGORIE DI IMPATTO COINVOLTE

- Nel metodo di valutazione degli impatti EF method 3.0 (Fazio et al., 2018; Saouter et al., 2020):
 - *Tossicità per gli esseri umani*
 - *effetti cancerogeni*
 - *Tossicità per gli esseri umani*
 - *effetti non cancerogeni*
 - *Ecotossicità, acque dolci*

LCIA

- Nel metodo EF 3.0 i fattori di caratterizzazione di Co, Cu, Fe, Mn, Mg, Mo, Se e Zn sono stati ridotti 100 volte (Saouter et al., 2020)
- Il metodo EF 3.0 esclude le emissioni dopo i 100 anni che coinvolgono queste tre categorie di impatto

Fazio et al., 2018. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, version 2, from ILCD to EF 3.0.

Saouter et al., 2020. Environmental Footprint: Update of Life Cycle Impact Assessment Methods - Ecotoxicity freshwater, human toxicity cancer, and non-cancer.

Emissioni di altri inquinanti nel suolo



ALTRI INQUINANTI NORMATI (IN LOMBARDIA)

- IPA
- PCB
- PCDD/F + PCB diossina-simili
- Toluene
- AOX
- DEHP
- Nonilfenoli
- Idrocarburi C 10-40

ALTRI INQUINANTI NON NORMATI

- Speciazione di IPA, PCB, PCDD/F, AOX, ecc.
- PFOS, farmaci, BDE, HCH, PCN, ecc.

LCIA

- Presenza dei fattori di caratterizzazione da verificare caso per caso
- Presenza di una sostanza nell'elenco delle emissioni nel terreno di SimaPro non sempre coincide con la presenza di un fattore di caratterizzazione nel metodo EF 3.0

Caso studio: metalli pesanti *versus* altri inquinanti



ANALISI CHIMICHE

- 210 sostanze analizzate dall'Istituto Mario Negri
- 64 sostanze selezionabili nel software SimaPro 9.3 e caratterizzate dal metodo EF 3.0 ($\approx 30\%$)



CONCENTRAZIONE MEDIA NEL DIGESTATO

- 15 metalli pesanti: $0,2 \div 855$ μg per g di digestato secco
- 49 altri inquinanti: $0,0 \div 0,8$ μg per g di digestato secco

LCIA

- Selezionare il sotto-compartimento «agricultural» aumenta l'impatto su tossicità umana
- L'entità dell'impatto dipende dalla massa e dal fattore di caratterizzazione

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

- L'impatto degli altri inquinanti è al massimo l'1% di quello dei metalli pesanti, per tutte e tre le categorie di impatto di tossicità
- Tra i metalli pesanti spiccano gli impatti di piombo ($10\text{E}+7$ pg/g), cromo ($1\text{E}+8$ pg/g) e rame ($4\text{E}+8$ pg/g)
- Tra gli altri inquinanti spiccano gli impatti di diclofenac ($7\text{E}+5$ pg/g), PCDD/F ($4\text{E}+0$ pg/g), estrone ($3\text{E}+4$ pg/g) e DDE ($7\text{E}+3$ pg/g)

Fertilizzanti minerali evitati



FERTILIZZANTI AZOTATI E FOSFATICI

- La quantità dei fertilizzanti evitati è da calcolarsi sulla base dell'azoto e fosforo restanti (non emessi)
- Il rapporto di sostituzione è minore di 1 sia per l'azoto (Rigby et al., 2016) che per il fosforo (ten Hoeve et al., 2018)

RAPPORTO N:P

- Se, ad esempio, il digestato ha rapporto N:P di 1:0,6 ma nella pratica agricola si osserva un rapporto di 1:0,2, bisogna evitare fosforo limitandosi "allo 0,2" (van den Oever et al., 2021)

EMISSIONI EVITATE

- Come per il digestato, con in più la CO₂ rilasciata dall'eventuale urea
- La fonte suggerita è sempre Agri-footprint 6 Methodology Report - Part 2 (Blonk et al., 2022) e fonti citate al suo interno

Blonk et al., 2022. Agri-footprint 6 Methodology Report – Part 2: Description of Data.

Rigby et al., 2016. A critical review of nitrogen mineralization in biosolids-amended soil, the associated fertilizer value for crop production and potential for emissions to the environment.

ten Hoeve et al., 2018. Life cycle inventory modeling of phosphorus substitution, losses and crop uptake after land application of organic waste products.

van den Oever et al., 2021. Life cycle environmental impacts of compressed biogas production through anaerobic digestion of manure and municipal organic waste.

Grazie dell'attenzione

stefano.puricelli@polimi.it

www.aware.polimi.it



Assessment on WAste
and REsources