

L'impiego di materiali di rifiuto come fertilizzanti: aspetti ambientali

Prof. Bruno Pavoni
Università Ca' Foscari di Venezia



Riciclo: risoluzione di un problema

In molti **materiali di rifiuto**
(acque reflue, fanghi, residui vegetali)
sono presenti interessanti quantità di **elementi nutritivi**
che possono servire per la **fertilizzazione dei terreni**:

il **riciclo** può essere un metodo **utile di impiego**,
che contemporaneamente **risolve il problema**
del **trattamento**
o della **messa a dimora** di questi materiali.

L'uso di materiali di rifiuto per la fertilizzazione

comporta, però,

dei **rischi ambientali** e per la **salute umana**
dei quali è indispensabile tener conto

Materiali

Acque reflue

Fanghi da impianti di trattamento

Compost

Problemi ambientali

Inquinamento delle acque di falda da nitrato

Eutrofizzazione

Accumulo di metalli tossici nel terreno

L'uso dei rifiuti come fertilizzanti: una storia antica

Esistono testimonianze scritte
che antiche civiltà come quella cinese
usassero **rifiuti organici**
per **aumentare la fertilità del terreno**

Da molto tempo questa pratica è **comune in tutto il mondo**

A metà del XIX secolo risalgono i primi **rapporti scientifici**
che descrivono gli **effetti dello spargimento del letame sul terreno**

Nel **1850 J. Thomas Way**, un chimico consulente della Royal Agricultural Society in Inghilterra presentò una memoria intitolata: "**Potere dei terreni di adsorbire il letame**".

Molte **informazioni teoriche e pratiche** sulla **fertilizzazione** e sui **processi di scambio ionico** derivarono da questo lavoro.

USO DI ACQUE REFLUE PER LA FERTILIZZAZIONE

Acque di rifiuto di **origine urbana** o da **allevamenti** possono essere **utilizzate per fertilizzare** i campi

In questo modo vengono anche **“trattate”**.

Teoricamente tutte le sostanze, che possono essere eliminate dall'acqua con i processi di trattamento, **possono essere anche adsorbite e/o degradate dal terreno.**

Il **terreno** può essere visto come un **filtro naturale per i liquami:**

Gran parte della materia organica è facilmente **degradata** e in linea di principio

il **terreno** costituisce

un **eccellente sistema di trattamento primario, secondario e terziario** per l'acqua.

L'**acqua di rifiuto** con i **nutrienti** che contiene
-fosforo, azoto e potassio –
è **essenziale** per la **fertilità del terreno**
cioè per la crescita delle piante.

L'acqua di rifiuto contiene inoltre
elementi in tracce essenziali e vitamine

La **degradazione dei rifiuti organici** fornisce anche **CO₂**
utile per i processi fotosintetici

Il terreno ha **proprietà fisiche, chimiche e biologiche**
che permettono:
detossificazione,
biodegradazione,
decomposizione chimica e
fissazione chimica e fisica

nei confronti di sostanze presenti nelle acque reflue

Il terreno come **substrato naturale**

Il terreno è un **substrato naturale** per **numerosi organismi** importanti per la **biodegradazione delle sostanze presenti nelle acque di rifiuto**, comprese (in parte) anche quelle di origine **industriale**.

Organismi del Terreno

Batteri

(Arthrobacterium, Bacillus, Flavobacterium, Pseudomonas)

Actinomiceti e altri funghi

(decomposizione della materia organica di origine vegetale)

Organismi unicellulari: protozoi e alghe.

Lombrichi

(modificano parametri del terreno come la **tessitura**)

Piante

(assimilano i rifiuti solubili)

Overland flow

Il processo "**overland flow**" (deflusso in superficie) consiste nel far **scorrere** su un terreno **in leggera pendenza acque** di rifiuto **contenenti solidi polverizzati**

Esperimenti di **applicazione diretta di acque reflue** sul terreno **hanno dimostrato un'apprezzabile aumento della produttività**

I **solidi sospesi**, il **BOD** e i **nutrienti** sono in **gran parte rimossi**

Questo metodo è per lo più applicabile in **comunità rurali** in **climi relativamente caldi**.

La **puzza e una concentrazione pericolosa di microrganismi patogeni** rappresentano un **serio problema**

Inoltre la presenza di nutrienti in eccesso in forma perlopiù solubile è causa di:

Inquinamento da nitrato delle acque di falda

Eutrofizzazione

Inquinanti organici persistenti e metalli pesanti sono accumulati nel terreno

FANGO DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO

Un possibile **utilizzo in agricoltura** del fango è lo **sfruttamento di una risorsa** e la **risoluzione di un problema**.

Infatti,
lo **smaltimento del fango** raccolto o prodotto dagli impianti è il **problema più pressante** connesso con il trattamento delle acque:

non è facile trovare un posto sicuro dove metterlo a dimora
e gli impianti crescono continuamente di numero

Due **principali tipi di fango**
sono prodotti in un impianto di trattamento

Fango organico

(proveniente dalla vasca a fanghi attivi,
dal filtro a gocciolamento e dai reattori biologici rotanti)

Fango inorganico

(derivante dall'aggiunta di prodotti chimici,
come quelli per la rimozione del fosforo)

In genere è il **primo tipo di fango** che può essere **utilizzato in agricoltura**.



Caratteristiche del fango come ammendante

Ricco di nutrienti, il fango da acque luride **contiene su base secca** circa il

5% di azoto, 3% di fosforo, 0.5% di potassio.

e può essere usato come **fertilizzante** e **condizionante** del terreno.

- Le **sostanze umiche** presenti nel fango **migliorano le proprietà chimico-fisiche** e la **capacità di scambio cationico del suolo.**

Tra i fattori che limitano questa applicazione del fango sono:

- a. un eccessivo **inquinamento delle acque di superficie e di falda da Nitrato,**
- b. la presenza residua di **agenti patogeni,** e
- c. la presenza di **metalli pesanti.**

Microorganismi patogeni che persistono nel fango disperso sul suolo costituiscono un potenziale pericolo per la salute delle persone

Gli organismi più significativi sono:

gli **indicatori**, tra cui i coliformi fecali e totali;

batteri patogeni, tra cui le *Salmonelle* e le *Shigellae*;

virus enterici (intestinali), tra cui gli *Enterovirus* e i *Poliovirus*;

parassiti, come la *Entamoeba histolica* e la *Ascaris Lumbricoides*.

COMPOST

Viene perlopiù **preparato mescolando fango seccato con materiali degradabili che fanno volume**, come pezzetti di legno o rifiuti solidi triturati e lasciando che l'azione dei microrganismi operi la **decomposizione a temperature di 45-65 °C**:

L'aumento di temperatura tende a uccidere i microrganismi patogeni producendo un materiale stabilizzato.

Le principali caratteristiche del **compost** sono:

aspetto simile al **terriccio**, **inodore** o **dall'odore di sottobosco**,

struttura fisica e pezzatura omogenea;

contenuto di umidità pari o inferiore al 40 %;

contenuto di **sostanza organica stabilizzata**;

contenuto **significativo di azoto, fosforo e potassio**;

facilità di stoccaggio, anche in cumuli scoperti;

facilità di manipolazione e di trasporto.

Le materie prime

Si trasformano in compost **materiali organici di scarto di origine diversa:**

- **scarti vegetali** da manutenzione del verde ornamentale (potature, fresche, foglie, erba),
- **scarti alimentari** vegetali e animali **raccolti in modo differenziato,**
- **scarti vegetali** derivati **dalla trasformazione dei prodotti ortofrutticoli;**
- **residui delle colture agricole erbacee** (paglia, stocchi di mais) ed **arboree** (potature di vigneti e frutteti);
- **deiezioni animali** (lettieria di bovini, frazioni solide separate dai liquami di suini e bovini, lettiera di avicoli);
- **fanghi di depurazione di reflui urbani o dell'industria agro-alimentare** (macellazione, trasformazione degli ortofrutticoli).

Vantaggi

Il compost, date le sue **caratteristiche di ammendante organico di qualità**, permette:

- il **miglioramento della fertilità dei terreni**, agendo sulle **proprietà fisiche** (lavorabilità, aerazione, disponibilità idrica, stabilità di struttura), **biologiche e chimiche;**
- **l'impiego in sostituzione del letame** nelle zone ove questo non è più reperibile da tempo;
- la **riduzione dei costi di distribuzione**, in quanto, rispetto al letame, i quantitativi da distribuire sono inferiori;
- **l'apporto di quantità interessanti di elementi nutritivi**, in particolare di **azoto, fosforo e potassio a lento rilascio.**

La **legge 19 ottobre 1984, n. 748**

"Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti
(allegato 1 C, modificato dal decreto 27 marzo 1998)
elenca il **compost** tra gli **ammendanti**.

Il "**Prodotto** ottenuto dal **trattamento di compostaggio di scarti organici selezionati alla fonte**"

è **classificato** come:

1. "**ammendante compostato verde**"
oppure
2. "**ammendante compostato misto**",

in funzione delle **matrici di partenza utilizzate** e dei **requisiti** che possiede.

Il prodotto è

1. **ammendante compostato verde:**

quando deriva da:

- i. **scarti della manutenzione del verde ornamentale, residui delle colture,**
- ii. **altri rifiuti di origine vegetale con **esclusione delle alghe e altre piante marine;****

Il prodotto è

2. ammendante compostato misto:

quando deriva da:

frazione organica dei rifiuti urbani proveniente da **raccolta differenziata (Forsu)**,

da **rifiuti di origine animale compresi i liquami zootecnici**,

da **rifiuti di attività agroindustriali**,

da **lavorazione del legno** e del tessile naturale non trattati,

da **reflui e fanghi**,

nonché dalle **matrici previste** per l'ammendante **compostato verde**.

Per i **compost verde e misto** la legge **stabilisce dei valori limite** in relazione a:

parametri agronomici,

ambientali (contenuto di plastica e inerti, di metalli pesanti),

microbiologici e parassitologici.

Quando il compost rientra all'interno di questi limiti è un **prodotto che può essere messo in commercio e usato in agricoltura senza limiti**, se non quelli imposti dalla **buona pratica agricola**.

La Regione del Veneto ha aggiunto alla legge nazionale un disciplinare regionale per la produzione di ammendante compostato di qualità

TABELLA C (DGRV 766/2000)
Compost
Limiti di accettabilità per l'Ammendante Compostato di Qualità con marchio 'Compost Veneto'.

Al limite stabilito per ciascun parametro, è ammessa una tolleranza del 10 % in senso opposto a quello richiesto per non più del 25 % dei campioni analizzati.

ELEMENTO	UNITÀ DI MISURA	VALORE LIMITE
Umidità	%	< 50
pH		6 - 8,5
Carbonio organico	% s.s.	> 20
Azoto totale	% s.s.	da dichiarare
Fosforo totale	% s.s.	da dichiarare
Potassio totale	% s.s.	da dichiarare
Salinità	meq/100g s.s.	da dichiarare
Cadmio	mg/kg s.s.	< 1,5
Cromo (*)	mg/kg s.s.	< 150
Mercurio	mg/kg s.s.	< 1,5
Nichel	mg/kg s.s.	<50
Piombo	mg/kg s.s.	< 140
Rame	mg/kg s.s.	< 150
Zinco	mg/kg s.s.	< 500
Salmonella	MPN	assenti in 25g t.q.

(*) di cui CrVI < 0,5 mg/kg s.s.

Compost
Rapporto di analisi di un "Compost Veneto"

Ammendante compostato misto		
	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori (dati indicativi)</i>
Umidità	%	25 - 40
pH		8 - 8,5
Salinità	meq/100 g	20 - 30
Carbonio Organico	% s.s.	25
Azoto Organico	% s.t.	80
Cadmio	mg/kg s.s.	1,1
Rame totale sul secco	ppm	120 -145
Mercurio	mg/kg s.s.	0,61
Nichel	mg/kg s.s.	26,6
Piombo	mg/kg s.s.	29,5
Zinco totale sul secco	ppm	370 - 490
Cromo III	mg/kg s.s.	52,7
Rapporto C/N		16,4
Acidi umici e fulvici	% s.s.	7
Azoto totale	% s.s.	1,79
Fosforo totale	% s.s.	0,7
Potassio totale	% s.s.	0,95
Ammoniaca	mg/kg s.s.	2967
Salmonelle	n/25g	assenti
Indice di respirazione 24 ore	mg O ₂ kg ⁻¹ SV h ⁻¹	402

L'uso del compost in alternativa alla dispersione di acque di rifiuto e di fango ha alcuni notevoli

vantaggi :

Permette un **utilizzo molto più compatibile** per l'ambiente (meno inquinanti),

Consente una **fertilizzazione protratta nel tempo** perché fornisce nutrienti a lento rilascio,

E' di utilizzo molto più pratico e sicuro (**non contiene microrganismi patogeni**).

PROBLEMI AMBIENTALI

L'utilizzo di acque di rifiuto, di fanghi da impianti di trattamento, ma anche di fertilizzanti chimici in quantità inutilmente eccessive

può causare

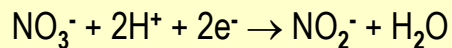
per dilavamento dai **terreni** in acque di superficie o percolamento in falda

Inquinamento nell'acqua da bere da nitrati.

(limite di legge: 50 mg L⁻¹)

Il rischio per la salute è legato al nitrito e quindi alla trasformazione di nitrati in nitriti.

Nel nostro stomaco ci sono le condizioni perché
il **nitrato** sia **ridotto a nitrito**:



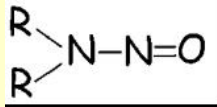
Formazione di N-Nitrosammine

Il nitrito reagisce con alcune ammine introdotte con il cibo per dare N-Nitrosammine

sostanze che nelle cavie sono risultate **epatotossiche e cancerogene**.

Se è valido il **modello di trasferimento all'uomo** delle informazioni acquisite negli studi sugli animali, c'è un **serio rischio** di un incremento del numero di **casi di cancro allo stomaco**

La formula generale delle **N-Nitrosammine** è la seguente:



quando **R= CH₃** si tratta della

N-Nitrosodimetilammina (NDMA),

una sostanza, che viene considerata un **probabile cancerogeno** per l'uomo essendo in grado di

trasferire un **gruppo metilico** a un azoto o a un ossigeno di **una base purinica o pirimidinica del DNA, alterando il codice genetico** che fornisce le informazioni per la sintesi proteica cellulare.

**E' importante ricordare che
Nitrati e Nitriti,**

entrano nello stomaco delle persone anche perché sono aggiunti come conservanti ai **salumi** e alle **carni** (**Nitrato e Nitrito di sodio, E251,E250**):

Infatti

il **nitrato** viene in parte **ridotto biochimicamente a nitrito** che **impedisce lo sviluppo del botulismo**

E, legandosi alle emoproteine, è **responsabile del colore e sapore delle carni.**

Eutrofizzazione

L'eccesso di fertilizzazione soprattutto di forme solubili, provoca, per **dilavamento ad opera delle piogge o dell'irrigazione**, un **arricchimento di sali nutritivi delle acque di superficie**.

Il termine **eutrofizzazione**, (dal greco: **ben nutrito**), descrive

una condizione di laghi o bacini o lagune, dove una **eccessiva disponibilità di nutrienti** causa una **abnorme crescita di alghe (micro- e macro-) e piante acquatiche**, che alla fine può portare a un **severo deterioramento del corpo d'acqua**.

L'eutrofizzazione **non è** per niente un **fenomeno nuovo**: è basicamente responsabile della **formazione di enormi depositi di carbone o torba**.

Tuttavia **l'attività umana può accelerare di molto il processo**.

Disponibilità di nutrienti

La **maggior parte dei nutrienti** in un comune **lago o bacino** è presente a un **livello più che sufficiente** per garantire la produzione primaria.

Tuttavia i nutrienti, che hanno maggiori probabilità di essere **limitanti (*)** sono quelli "fertilizzanti": azoto, fosforo, potassio.

Questi derivano da:

fonti naturali come **riciclo di materia organica, fissazione, fonti minerali,**

acque **urbane di rifiuto,**

dilavamento campi fertilizzati,

rifiuti industriali.

(*) **Limitanti**: quando sono in concentrazioni insufficienti rallentano significativamente la crescita

Nutrienti limitanti

Il fatto che sia **limitante** il **fosforo**, **l'azoto**, il **potassio** o addirittura il **carbonio** dipende da **caratteristiche specifiche del bacino**.

In genere il **nutriente** che ha **maggiori probabilità di essere limitante** è il **fosforo** e viene di solito indicato come il **maggior colpevole** nei casi di **eccessiva eutrofizzazione**.

Questo però non è sempre vero, e possono esserci **condizioni idrologiche o stagionali** che rendono limitante un altro elemento.

La dinamica dell'eutrofizzazione

Il **quadro completo** dell'eutrofizzazione è **complicato** ed è necessaria **continua ricerca** per chiarire bene il problema.

Si possono, comunque, **schematizzare** alcuni **stadi di evoluzione** dell'eutrofizzazione (ad es. in un lago o una laguna):

1. **Sali nutrienti per le piante** si accumulano in eccesso nel corpo d'acqua;
2. Il corpo d'acqua ricco di nutrienti produce una **grossa quantità di biomassa vegetale** attraverso la **fotosintesi**, insieme con una **piccola** quantità di **biomassa animale**;

La dinamica dell'eutrofizzazione (continuazione)

3. **Biomassa morta si accumula sul fondo** del bacino, dove **in parte si degrada, consumando ossigeno e riciclando i nutrienti**: diossido di carbonio, fosforo, azoto e potassio;

Frequentemente si verificano casi di **anossia delle acque che causano la morte degli organismi aerobi** (pesci, molluschi ecc.);

4. Se il **lago non è troppo profondo**, cominciano a svilupparsi delle **piante radicate sul fondo**, accelerando il **processo di accumulo di materiale** solido nel bacino;
5. Alla fine **si forma un acquitrino**, che si riempie per dare una **prateria o una foresta**.

ACCUMULO DI METALLI TOSSICI NEL TERRENO

Molti **elementi pesanti aggiunti al terreno attraverso vari sistemi di fertilizzazione** sono **tossici**.

Alcuni sono **essenziali** (**Fe, Zn, Cu ...**) e diventano tossici a concentrazioni elevate (**micronutrienti**),

altri sono **tossici** anche a basse concentrazioni (**Hg, Pb, Cd ...**)

Questi elementi

- a. si **legano allo zolfo degli enzimi disattivandoli**;
- b. si **legano ai gruppi -CO₂ e -NH₂ delle proteine**;
- c. **Cd, Cu, Hg, Pb sotto forma di ioni M²⁺ si legano alle membrane cellulari impedendo i processi di trasporto attraverso la parete della cellula.**

La **tossicità è a carico sia delle piante che degli animali.**

Accumulo di metalli tossici nel terreno

Il **possibile accumulo di metalli tossici** è un serio **problema** per l'uso **su terreni coltivati** di materiali di rifiuto, in particolare di **fanghi**.

Il fango da acque di rifiuto è un **efficace concentratore** di metalli pesanti.

In campioni di **fango** proveniente **da città industriali** sono stati trovati:
(mg kg⁻¹, ppm, su base secca):

Zn fino a **49000 ppm**, **Cu** fino a **8000 ppm**,
Ni fino a **5300 ppm**, **Cr** fino a **41000**, **Cd** fino a **3400 ppm**.

Accumulo di metalli tossici nel terreno

Questi ed altri metalli hanno la **tendenza a rimanere**
immobilizzati nel terreno per

complessamento (chelazione) con la **materia organica**,

adsorbimento su argille,

precipitazione in composti insolubili, come **ossidi o carbonati**.

Tuttavia **l'applicazione continuata** di fango su terre coltivate ha causato **l'accumulo di zinco e cadmio** sia in **foglie che in chicchi di granoturco** a livelli **notevolmente elevati**.

Pertanto è importante che **l'applicazione in dosi elevate o per lungo tempo** del fango sul terreno **sia adeguatamente tenuta sotto controllo** attraverso **l'analisi del fango utilizzato** e il **monitoraggio del terreno**.

E', in ogni caso, ancora più utile un **intervento preventivo** che limiti la presenza di metalli nel fango;

Questo viene ottenuto attraverso

Un **controllo accurato** della **contaminazione da metalli pesanti nelle acque industriali che confluiscono nelle reti urbane**.

In pratica,

Acque di origine industriale devono essere **pre-trattate con procedimenti specifici per abbattere i metalli** prima di essere **unite alle acque urbane da trattare**.

Conclusioni finali

Questa breve revisione delle principali implicazioni ambientali della fertilizzazione operata con materiali di rifiuto

Non ha alcuna presunzione di aver esaurito l'argomento

né di esprimere giudizi definitivi soprattutto per quanto riguarda l'argomento dell'accumulo dei metalli tossici nei terreni e il possibile trasferimento alle piante coltivate e all'uomo;

E' certamente necessaria ulteriore approfondita ricerca per trovare il modo di sfruttare adeguatamente delle risorse, senza creare un pericolo per l'ambiente e la nostra salute.