



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

Dipartimento Ambiente

STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE DEL COMPOSTAGGIO

M. CANDITELLI

C.R. Trisaia, Rotondella (MT)

ABSTRACT

State of art and prospectives of composting

The report illustrates the importance of composting, as a technology for wastes disposal and resource recovery.

The process of aerobic stabilization, microbial mechanisms and physic-chemical parameters characterizing such activities, have been described.

Importance of separate collection and compostable compound selection in the optimization of this spontaneous biotechnology for biodegradable wastes and sludge treatment, is emphasized.

It is to be noted that besides this it can be used as an appropriate management process that allow the utilization of different types of wastes, converting them into a good compost, a product seems to be fit both from agronomic and environmental point of view.

Regulations in force both at national and regional levels (Lombardia, Piemonte, Veneto) as well as a course to revise the present legislation, particularly, suggestion to introduce a certification system, identified by an agronomic-environmental quality- mark, have also been reported.

(COMPOST, AEROBIC FERMENTATION, ORGANIC WASTE, AEROBIC BIOSTABILIZATION, ORGANIC FERTILIZER)

RIASSUNTO

La relazione illustra l'importanza del compostaggio quale tecnologia per lo smaltimento dei rifiuti e recupero di risorse.

Vengono descritti il processo di stabilizzazione aerobica, i meccanismi microbici e i parametri fisico-chimici che lo caratterizzano.

E' evidenziata l'importanza della raccolta differenziata e della scelta delle matrici compostabili nell'ottimizzazione di questa biotecnologia spontanea per il trattamento di rifiuti e reflui organici putrescibili.

E' sottolineato, inoltre, come una corretta gestione del processo permetta di valorizzare residui di varia natura trasformandoli in un buon compost, prodotto valido dal punto di vista agronomico e ambientale.

Vengono riportate le norme vigenti nazionali e regionali (Lombardia, Piemonte, Veneto) nonché gli indirizzi per una revisione della legislazione, in particolare, la proposta di introdurre un sistema di certificazione attraverso un marchio di qualità agronomico-ambientale.

INDICE

1.0 INTRODUZIONE.....	9
2.0 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO	13
2.1 Aspetti generali	13
2.2 Normativa nazionale.....	15
3.0 IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO	23
3.1 Preselezione della frazione organica biodegradabile e caratteristiche del materiale da compostare	24
3.2 Le fasi del compostaggio	25
3.3 Parametri che influenzano il processo di compostaggio	27
3.4 I metodi di compostaggio	31
3.5 Processi complementari o alternativi al compostaggio.....	34
3.5.1 Il vermicompostaggio	34
3.5.2 La produzione di compost da fungaia	34
3.5.3 Produzione di terricci dai letti caldi.....	35
3.5.4 Gestione dei residui della metanizzazione.....	35
4.0 METODI DI ANALISI DEL COMPOST.....	36
5.0 MATERIA PRIMA	38
5.1 Produttori di rifiuti organici e scelta delle matrici compostabili.....	38
5.2 Compost da RSU	43
5.2.1 Criteri per un “compost di qualità da RSU” e caratteristiche del prodotto finale....	47
5.2.2 Il problema metalli pesanti	50
5.3 Compost verde	55
5.4 Compost da fanghi	57
5.4.1 Caratteristiche analitiche del fango e suo utilizzo in agricoltura.....	59
5.5 Compost da deiezioni zootecniche.....	61
5.5.1 Tipi di deiezioni da indirizzare al compostaggio	62

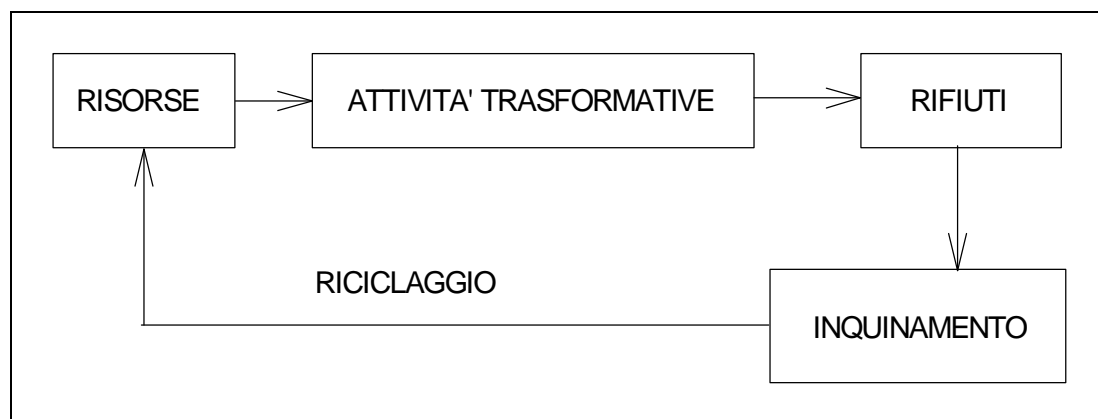
6.0 PROPRIETÀ E VALORIZZAZIONE AGRONOMICA DEL COMPOST	66
6.1 Effetti del compost sul terreno	66
6.2 Utilizzo del compost.....	67
7.0 IL MERCATO	70
7.1 Situazione attuale e prospettive future	75
7.2 Il CIC e il suo marchio di qualità	76
BIBLIOGRAFIA.....	79

1.0 INTRODUZIONE

Lo sviluppo agricolo, civile e industriale delle attività umane ha come conseguenza l'aumento dei rifiuti la cui quantità e composizione riflettono lo stato di sviluppo di una Nazione; infatti è stata dimostrata una correlazione tra produzione di rifiuto e reddito ed è stato evidenziato come l'uno cresca in maniera direttamente proporzionale all'altro.

La grande crisi ecologica che affligge tutti i paesi industrializzati spinge studiosi e ricercatori a trovare una soluzione al problema "smaltimento rifiuti", nell'ottica di riciclare il pi possibile onde minimizzare l'inquinamento (Fig.1.1).

Fig.1.1 - Interazione tra riciclaggio ed inquinamento dell'ambiente.
(G.Picci, G. Ferrari, 1992)



Negli Stati Uniti è obbligatorio riciclare il 50% dei rifiuti solidi urbani mentre la Comunità Europea, attraverso l'emanazione di regolamenti e direttive che definiscono un complesso di norme amministrative e tecniche, promuove strategie per un possibile recupero di materia e/o energia dai rifiuti nel rispetto delle norme di tutela ambientale.

Ogni anno in Italia vengono prodotti circa 18 milioni di tonnellate di rifiuti solidi urbani, 50 milioni di tonnellate di scarti industriali, più di 100 milioni di tonnellate di residui agricoli e zootecnici e quasi 5 milioni di fanghi di risulta dalla depurazione delle acque urbane.

Dei 18 milioni di tonnellate di rifiuti solidi urbani, il 13% viene trattato mediante incenerimento, il 5% viene sottoposto a trattamento misto di compostaggio ed incenerimento e il 4% è trattato mediante riciclaggio.

Effettivamente solo il 22% dei rifiuti solidi urbani è trattato, mentre la parte rimanente viene indirizzata in discariche di cui solo il 20% controllate.

E' chiaro che molte tonnellate di RSU vengono oggi abbandonate sul territorio (con conseguente pericolo per l'ambiente e per la popolazione) e che, nei prossimi anni, una parte di tali rifiuti dovrà essere trattata.

Questo comporterà notevoli investimenti da parte pubblica e privata per la realizzazione degli impianti.

L'Italia ha avviato programmi di "recupero e riutilizzo dei RSU" con relativi strumenti legislativi nazionali; inoltre, le amministrazioni regionali sono state incaricate di predisporre i piani regionali di organizzazione dei servizi di smaltimento, trattamento, ecc. dei rifiuti ivi compresi quelli attinenti al recupero e riutilizzo della frazione organica.

La difficoltà a ridurre almeno in parte il quantitativo dei rifiuti prodotti, spinge a cercare una forma di smaltimento alternativa e/o complementare alla discarica o all'incenerimento, soluzioni ormai tecnologicamente mature ma non certo prive di problemi di natura sociale, economico ed ambientale.

L'alternativa più efficace è offerta dal "compostaggio", tecnica che permette lo smaltimento della frazione organica biodegradabile dei rifiuti solidi urbani (di cui rappresenta il 50%) con conseguente recupero di materiale e riduzione dell'impatto ambientale.

Questa forma di smaltimento e riciclaggio si pone come una delle più opportune per i seguenti aspetti:

- permette lo smaltimento di quella parte più complessa dei rifiuti che in discarica, con l'innescarsi dei processi microbici, procurerebbe inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria;

- consente il trattamento della frazione organica putrescibile dei rifiuti (circa 4 milioni di tonnellate in quelli solidi urbani italiani) per la quale è poco adatto il processo di combustione data la notevole quantità di acqua in essa contenuta che ne determina un basso P.C.I.;

- permette di utilizzare completamente la frazione organica disponibile senza produzione di eventuali sottoprodotti da smaltire;

- non richiede apporto energetico;

- ha come risultato finale la produzione di "compost", prodotto che si può considerare prezioso tenendo presente che il nostro paese lo importa per una spesa rilevante.

Il compostaggio oltre che corretta tecnica di smaltimento, si configura anche come mezzo di produzione di ammendanti organici di alta qualità largamente sostituibili al letame.

A questo proposito è da tener presente che uno dei problemi che grava sugli agricoltori è il dover ripristinare la fertilità dei suoli a causa della carenza di sostanza organica dovuta all'eccessivo sfruttamento del terreno (colture intensive, ripetitive, lavorazioni frequenti ecc....); inoltre, il regredire dell'allevamento diffuso e l'aumento dei costi di produzione e

distribuzione hanno contribuito a ridurre notevolmente la disponibilità di letame, evidenziando con ciò l'importanza di produrre ammendanti da matrici diverse e con costi contenuti.

Il compost, prodotto economicamente ed ecologicamente vantaggioso, è in grado di espletare le azioni fondamentali dei comuni ammendanti. Infatti additivato ai terreni svolge le seguenti tre azioni fondamentali:

azione chimica :

per la sua componente chimica, il compost fa da vettore al reintegro degli elementi sottratti dalle coltivazioni;

grazie al suo pH normalmente neutro o basico conferisce al terreno le caratteristiche adatte per favorire la decomposizione delle sostanze organiche;

può costituire una riserva di nutrimento per le colture essendo i processi biodegradativi abbastanza lenti;

è in grado di rallentare (con un'azione adsorbente) le migrazioni di contaminanti nell'ambiente poiché, la sostanza organica apportata dal compost, diminuendo la disponibilità dei metalli pesanti, ne riduce il flusso (anche verso la catena alimentare);

azione fisica :

il compost è utilizzato per potenziare la permeabilità dei terreni, per evitarne l'erosione e trattenerne l'umidità; la lenta azione di decomposizione delle sostanze organiche che contiene e l'effetto di isolamento termico, riducono anche il raffreddamento del terreno;

in suoli sabbiosi (costituzionalmente porosi) aumenta il potere assorbente mentre in quelli argillosi (pesanti e asfittici) ottimizza la permeabilità alle acque;

azione biologica :

il compost potenzia le colture nella capacità di assimilazione dei componenti naturali dal suolo e migliora la facoltà di assorbimento dell'azoto da parte delle piante (accelerando il livello di mineralizzazione del terreno), grazie alla presenza di numerose colonie batteriche in esso contenute.

Inoltre, la presenza di organismi saprofiti non patogeni, che hanno promosso la formazione del compost, conferisce al terreno una particolare refrattarietà alla colonizzazione di eventuali patogeni (potere repressivo) grazie anche ai meccanismi di antibiosi e competizione da parte dei saprofiti (Favoino e Centemero, 1993a).

Nonostante tutto ciò, il compostaggio dei R.S.U. ha avuto solo una discreta diffusione per due motivi principali: presenza nel compost di metalli pesanti e di inerti vari e mancanza di una idonea stabilità biologica del prodotto.

Solo effettuando la raccolta differenziata dei rifiuti, rispettando i principali parametri che regolano il processo e adottando le tecnologie più appropriate, si potrà ottenere un prodotto competitivo (con gli ammendanti organici esistenti) con cui potenziare il mercato.

“Sul territorio nazionale sono attualmente funzionanti o in prossimo avviamento 29 impianti di compostaggio di RSU, fanghi e altri rifiuti a matrice organica, mentre altri 23 sono in corso di realizzazione e 15 già finanziati o appaltati; sulla base dei piani elaborati dalle regioni (con esclusione della Puglia e anche della Sicilia per la quale è stato indicato un solo impianto) si prevede la costruzione di circa 53 impianti nel medio - lungo termine.

La potenzialità dei 29 centri di compostaggio è di 5158 t/d che verrà incrementata nel breve periodo di ulteriori 3100 t/d per effetto dell'entrata in esercizio degli impianti in corso di realizzazione; la produzione attuale di compost è stimabile in più di 1100 t/d” (G. Zorzi, G. Urbini, 1994).

“ I rendimenti di processo, riferiti al compostaggio di RSU selezionati in impianto, sono quantificabili in 15-25% rispetto al rifiuto tal quale e si elevano a 30-35% nel caso di prodotti vagliati a 10 mm ottenuti da materiali organici conferiti separatamente” (R.Cossu, A.Muntoni, G.Zorzi, S.Silvestri, 1992).

2.0 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO

La riduzione della produzione di rifiuti e la promozione del recupero di materiale ed energia rappresentano il denominatore comune dell'insieme delle norme legislative sui rifiuti a livello europeo, nazionale, e regionale.

Una delle soluzioni per queste problematiche è rappresentata dal compostaggio in quanto permette oltre allo smaltimento dei rifiuti e al recupero di risorse, anche l'apporto al terreno di sostanze fertilizzanti.

Questa soluzione non è stata a tutt'oggi tenuta nella giusta considerazione sia per la qualità del prodotto ottenuto, sia per le poche e ben confuse leggi che normano il compostaggio; è necessario favorire l'utilizzo del compost per mezzo di norme e interventi mirati a garantire la qualità del prodotto, ad individuarne le necessità agricole e a potenziarne il mercato.

Negli ultimi anni numerosi Stati hanno denunciato l'esigenza di ottenere un compost di buona qualità e facilmente commercializzabile per cui stanno rivedendo la loro normativa in materia di smaltimento rifiuti e di compostaggio; il loro obiettivo comune è quello di differenziare il compost in più classi di qualità con specifici ambiti d'impiego.

Per questo motivo si reputa essenziale il supporto delle disposizioni legislative che possono conferire attendibilità ad un prodotto che, anche se di buona qualità, è penalizzato da una serie di norme poco chiare.

Nell'ambito della legislazione nazionale ed internazionale, il compostaggio risulta parte integrante del ciclo per lo smaltimento dei rifiuti motivo per cui il compost si configura come materiale di rifiuto soggetto ad autorizzazione e controllo per il suo impiego.

E' essenziale sostituire il concetto di compost, come prodotto ottenuto dal trattamento dei rifiuti, con quello di residuo riutilizzabile come fertilizzante organico.

2.1 Aspetti generali

Le varie legislazioni riportano alcuni criteri di cui i principali sono i seguenti:

- definizione di compost e tipi di matrici da indirizzare al compostaggio;
- metodi di compostaggio da utilizzare;
- determinazione delle caratteristiche del compost e proposte guida al suo utilizzo in base al tipo di vegetazione, di suolo e alle condizioni climatiche (valori limiti da rispettare);
- verifica del rispetto dei limiti stabiliti tramite procedure di campionamento e metodi analitici specifici;
- controllo e garanzia della qualità del prodotto.

Come riportato in tab.2.1, si può constatare come tutti questi criteri non siano specificati nelle varie legislazioni e come la legislazione vigente sia ancora incompleta nella maggior parte degli stati europei.

Tab. 2.1 - Criteri specificati nelle diverse legislazioni (R. Vismara, C. Darriulat, 1994).

Stato	definiz. legale del compost	numero di classe di qualità	metodo di produz. specificato	limiti per i metalli nel compost	limiti per qualità agronomiche del compost	metodi analitici	procedure di controllo di qualità
Austria	sì	3	no	sì	sì	sì	sì
Belgio	sì	2	sì	sì	sì	sì	?
Danimarca	sì	2	sì	sì	no	sì	sì
Finlandia	no	0	no	no	no	no	no
Francia	sì	2	sì	sì	sì	sì	sì
Germania	no*	3	no	sì	sì	sì	sì
Gran Bretagna	no	0	sì	no	no	no	no
Grecia	sì	1	no	no	no	no	no
Irlanda	no	0	no	no	no	no	no
Italia	sì	1	sì	sì	sì	sì	sì
Olanda	sì	3	no	sì	no	sì	?
Spagna	no	1	no	sì	sì	sì	no
Svezia	no	0	no	no	no	no	no
Svizzera	sì	1	no	sì	no	no	sì

* 3 standards non ufficiali

A livello internazionale tutti gli Stati sono accomunati dalle stesse tendenze nell'ambito del compostaggio e del suo prodotto derivato:

- garantire la qualità del compost in base a criteri ben precisi rispondenti alle varie tipologie;
- stabilirne i parametri in funzione dei possibili utilizzi;
- manifestare convinzione che la sua qualità è strettamente dipendente dalla raccolta differenziata e da una corretta gestione del trattamento;
- commisurarne la qualità in base al grado di maturazione, salinità, granulometria, contenuto di inerti e metalli pesanti;
- mostrare massima attendibilità per quelli derivati da rifiuti vegetali o da scarti alimentari;
- definire un marchio per quelli di qualità;
- prevedere sistemi di promozione e di incentivazione al suo utilizzo considerandolo un fertilizzante a tutti gli effetti.

A livello comunitario, sino ad oggi, non è stata ancora promulgata una legge sul compost anche se il compostaggio è uno degli argomenti di studio inseriti nelle attività di ricerca e sviluppo della CEE; più esattamente, esso è previsto nel programma riciclaggio dei rifiuti urbani e industriali e pone come obiettivi

lo studio e la promozione della qualità del compost, della sua convenienza economica e sicurezza ambientale.

A questo proposito, gli Stati membri della Comunità nell'ambito del Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN) hanno scelto un comitato di esperti, distribuito in quattro gruppi di lavoro, per coordinare la ricerca sul compostaggio ed elaborare una serie di criteri per la predisposizione di una nuova direttiva.

Questo comitato ha l'incarico di standardizzare due tipi di materiali utilizzati in agricoltura, orticoltura e verde pubblico (R.Vismara, C. Darriulat, 1994) ;

questi materiali sono:

- "soil improvers": materiale di qualsiasi origine che è stato compostato o che ha subito altri processi, applicati su terreni per migliorare la struttura fisica del suolo senza effetti dannosi per l'ambiente;
- "growing media": materiali sui quali crescono i vegetali. Sono esclusi i prodotti con calce e i materiali utilizzati solo come nutrienti.

La bozza finale dello standard del CEN sviluppata da questi gruppi di lavoro non è ancora stata presentata.

2.2 Normativa nazionale

A livello nazionale ci sono due normative che disciplinano il compost: il DPR 915/82 (norme per lo smaltimento dei rifiuti) con successiva deliberazione del 27/7/84, e la Legge Nazionale 748/84 (norme per la disciplina dei fertilizzanti).

La normativa vigente nel paragrafo 3.4 della Deliberazione 27 luglio 1984 del Comitato Interministeriale di cui all'art. 5 del DPR/82, definisce il processo di compostaggio, determina le caratteristiche dei rifiuti (utilizzabili per la produzione del compost), del prodotto e del terreno ricevente nonché la distribuzione e l'uso del compost.

In base al DPR di cui sopra, si definisce "compost un prodotto ottenuto, mediante un processo biologico aerobico, dalla componente organica dei rifiuti solidi urbani, da materiali organici naturali fermentescibili o da loro miscele con fanghi derivanti dalla depurazione delle acque reflue civili come definiti dall'art. 1- quarter, lettera b), della legge 8 ottobre 1976 n. 960."

I fanghi utilizzabili sono perciò solo quelli derivanti dagli impianti di depurazione al servizio di insediamenti abitativi, alberghieri, turistici, sportivi, scolastici, ecc..., mentre non sono ammessi quelli di depurazione provenienti da insediamenti produttivi.

Per la conduzione del processo, la deliberazione si limita ad una unica prescrizione secondo cui è necessario che " nella fase termofila, il materiale organico in maturazione permanga per almeno tre giorni ad una temperatura non inferiore a 55°C "; non sono riportati ulteriori criteri, sebbene basilari, per assicurare un compost di qualità garantita, privo di patogeni, stabile biologicamente ed ad alto contenuto di humus come richiesto nei limiti di qualità del compost.

Riguardo le caratteristiche del prodotto, la normativa stabilisce che:

" al termine del processo produttivo il compost deve avere le caratteristiche agronomiche indicate nella tabella 3.1 e rispettare i valori limite di accettabilità indicati nella tabella 3.2" (ai fini della tutela dell'ambiente);

è inoltre previsto che " il compost non può essere addizionato con elementi fertilizzanti minerali prima della sua distribuzione agli utilizzatori" anche se ciò è consentito agli utilizzatori stessi nella fase di impiego agronomico del prodotto.

Tab. 3.1 - CARATTERISTICHE AGRONOMICHE DEL COMPOST

Parametri	Unità di misura	Limiti di accettabilità
Materiali inerti	% sostanza secca	≤ 3
Vetri (vaglio)	mm	≤ 3
Vetri (quantità)	% sostanza secca	≤ 3
Materie plastiche	% sostanza secca	≤ 1
Materiali ferrosi	% sostanza secca	≤ 0,5
Umidità	% sostanza secca	< 45
Sostanza organica	% sostanza secca	> 40
Sostanza umificata	% sostanza secca	> 20
Rapporto C/N	-	< 30
Azoto totale	% sostanza secca	> 1
P ₂ O ₅	% sostanza secca	> 0,5
K ₂ O	% sostanza secca	> 0,4
Granulometria	mm	0,5 ÷ 25

Tab. 3.2 - LIMITI DI ACCETTABILITÀ PER IL COMPOST AI FINI DELLA TUTELA AMBIENTALE

Parametri	Unità di misura	Valori limite
Salmonelle	N°/50 g	assenti
Semi infestanti	N°/50 g	assenti
pH	unità di pH	6÷8.5
Arsenico	mg/kg di sostanza secca	10
Cadmio	mg/kg di sostanza secca	10
Cromo III	mg/kg di sostanza secca	500
Cromo VI	mg/kg di sostanza secca	10
Mercurio	mg/kg di sostanza secca	10
Nichel	mg/kg di sostanza secca	200
Piombo	mg/kg di sostanza secca	500
Rame	mg/kg di sostanza secca	600
Zinco	mg/kg di sostanza secca	2.500

Per le possibili utilizzazioni del compost, la normativa vigente pone le seguenti prescrizioni:

- a) il compost può essere utilizzato sui suoli agricoli nei quali la concentrazione dei metalli non superi i valori indicati in tabella 3.3, colonna II; il quantitativo di compost che può essere utilizzato è funzione del contenuto di metalli secondo i valori indicati nella tabella 3.3,

colonna III, e non può in ogni caso superare il limite di 300 quintali per ettaro nel triennio;

Tab. 3.3 - CONCENTRAZIONI LIMITE DI METALLI NEI TERRENI E LIMITI DI QUANTITÀ DI METALLI ADDIZIONABILI ANNUALMENTE CON LA SOMMINISTRAZIONE DEL COMPOST

I	II	III
Parametri	Concentrazioni massime nel terreno (mg per kg di terreno secco)	Quantitativi massimi applicabili (g per ha e per anno)
Arsenico	10	100
Cadmio	3	15
Cromo VI	3	15
Cromo III	50	2.000
Mercurio	2	15
Nichel	50	1.000
Piombo	100	500
Rame	100	3.000
Zinco	300	10.000

b) fatto salvo quanto sopra, il compost:

- non può essere impiegato su terreni in cui siano in atto colture frutticole dopo l'inizio della fioritura e comunque nei tre mesi precedenti la raccolta del prodotto;
 - non può essere impiegato nelle colture foraggere naturali (prati e pascoli) e nei boschi;
 - non può essere utilizzato sui terreni con pH minore di 6;
 - può essere impiegato nelle colture orticole e nelle colture industriali erbacee soltanto fino a due mesi prima della semina o dell'impianto, previa lavorazione del terreno e interrimento;
 - può essere impiegato nelle colture foraggere artificiali (prati permanenti, erbai, pascoli artificiali) solo fino a due mesi prima dell'impianto, previa lavorazione del terreno e interrimento;
 - può essere impiegato nelle colture arboree a destinazione industriale (piovete, ecc.) previa lavorazione del terreno ed interrimento;
 - può essere impiegato nelle colture a destinazione forestale produttiva previa lavorazione del terreno ed interrimento;
 - può essere impiegato in fase di impianto di parchi, campi da gioco, giardini e simili soltanto precedentemente alla fase di preparazione del terreno prima della semina;
- c) il compost può essere impiegato nell'utilizzazione floriculture e nella relativa preparazione di letti caldi, anche in deroga al limite di 300 quintali per ettaro nel triennio;
- d) per l'impiego del compost in utilizzazioni diverse da quelle indicate nelle precedenti lettere a), b), c), valgono i principi fissati dall'art. del D.P.R. n.915/82.

I metodi di campionamento e di analisi tanto del compost che del terreno sono riportate al punto 6 delle disposizioni tecniche; le metodiche analitiche sono quelle indicate nella tabella 6.1.

Tab. 6.1 - Metodiche analitiche per la caratterizzazione del compost.

Parametro	Matrice	Misura	Metodo	Riferimento bibliografico
pH	terreni / compost	elettrometrica	metodi SISS	metodi SISS (1)
Carbonio organico	compost	volumetrica	ossidaz. a 160°C con $K_2Cr_2O_7$ in ambiente acido	metodo Springer-Klee (1954) (2)
Metalli pesanti	terreni / compost	spettrometria ad assorbimento atomico	dissoluzione del campione a caldo per via umida con HNO_3 conc. e $HClO_4$ conc.	metodi OMS (WHO) (3)
Granulometria	compost	gravimetrica	separazione in frazioni con setacci agitati per 20 minuti	-
Umidità/sostanza secca	compost	gravimetrica	essiccaz. a 150 °C a peso costante	metodi OMS (WHO) (3)
Sostanza umificata	terreni / compost	volumetrica	estrazione con soluzione 0,1M di $NaOH + Na_4P_2O_7$	Konova & Brener (4)
Azoto totale	terreni / compost	volumetrica	mineralizzazione per digestione con acido solforico e distillazione con metodo Kjeldhal	metodi OMS (WHO) (3)
Fosforo totale	compost	spettrofotometria (metodo vanadio - molibdeno)	digestione acida con acido solforico e perclorico	metodi OMS (WHO) (3)
Potassio	compost	fotometria a fiamma o spettrofotometria ad assorbimento atomico	incenerimento	metodi CEE (5)

Bibliografia alla tabella 6.1.

- (1) *Metodi normalizzati analisi suolo* (Società italiana scienza del suolo), Firenze 1976.
- (2) Springer U., Klee J.: *Z. Pflanz. Düng Bodenkd.*, 1-26 (1954).
- (3) WHO International reference centre for wastes disposal CH, 8600 Dubendorf, Switzerland.
- (4) *Soil Organic Matter*, Pergamon Press, New York (1966), p. 395.
- (5) Commission of the European Communities - Agriculture: *Workshop on standardization of analytical methods for manure, soils, plants and water* 6-9 giugno 1978, ed. A. Cottenie, Directorate - General for Agriculture.

“ E’ interessante notare (R. Vismara, C. Darriulat, 1994) che essi non sono completi visto che mancano indicazioni dei metodi per alcuni parametri per i quali è precedentemente stabilito il limite di accettabilità” (salmonelle, semi infestanti e materiali inerti).

Naturalmente in tali disposizioni tecniche sono compresi anche i criteri generali riguardanti gli impianti, la loro ubicazione (al punto 3.2) compatibilmente con l’assetto urbano e paesaggistico-ambientale; sono riportate inoltre le modalità per la loro conduzione al fine di evitare inquinamento acustico, da esalazioni maleodoranti e dannose, eventuale sviluppo di larve, insetti e ratti.

Il D.P.R. 915/82 definisce inoltre quelli che sono i precisi compiti dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni in materia di smaltimento rifiuti.

Ai sensi dell’art. 6 lettera d), spetta alle Regioni (o alle Province autonome) approvare i progetti degli impianti di smaltimento dei rifiuti urbani per cui anche i progetti e l’autorizzazione all’esercizio degli impianti di compostaggio.

Come già citato, il compost è soggetto anche a quanto prescritto dalla Legge n.748 (19/10/1984) che disciplina la produzione e la commercializzazione dei fertilizzanti.

Nel quadro legislativo nazionale la suddetta legge:

- inserisce il compost da rifiuti urbani tra gli ammendanti organici naturali;
- non considera tra questi ultimi il compost da rifiuti speciali;
- definisce i limiti di accettabilità (riportati nella tab. 2.1 della stessa);
- riserva la definizione dei limiti massimi del contenuto di metalli pesanti a successivi Decreti del Ministero per l’Agricoltura (non ancora emanati a tutt’oggi).

Quindi, allo stato attuale, due norme disciplinano lo stesso prodotto ma secondo ottiche ben diverse; “la contemporanea esistenza (R.Vismara, C.Darriulat, 1994) del DPR 915/82 e della Legge 748/84 pone numerosi problemi di coordinamento tra le due normative:

- da un lato il DPR 915/82 che ha come finalità la protezione ambientale dall’inquinamento, stabilisce limiti di qualità del compost rigorose ed impone una serie di controlli di accettabilità dei terreni prima dell’uso del compost: vincoli che di fatto rendono impossibile la commercializzazione di questo ultimo;
- dall’altro la legge 748/84 che ha come finalità la qualità e la commercializzazione dei fertilizzanti, definisce un compost con caratteristiche agronomiche diverse rispetto al DPR 915/82, subordinando la vendita del compost alla sola verifica di alcuni parametri agronomici senza entrare nel merito di quelli inquinanti .

Ci si può dunque chiedere se il compost è un prodotto, come tale commercializzabile ai sensi della L.N. 748/84 sui fertilizzanti? O mantiene la configurazione di materiale di rifiuto, come tale soggetto ad autorizzazione e controllo per l’impiego?.

Per poter rispondere a tale domanda si dovrebbe fare distinzione tra un compost ecologicamente pulito, detto di elevata qualità, ed altri compost più pericolosi per l’ambiente e per l’agricoltura, rientrando il primo nella legislazione sui fertilizzanti e il secondo come materiale di rifiuto”.

Attualmente nella normativa manca la suddetta distinzione di compost in diversi tipi in relazione ai possibili utilizzi, non solo, ma delle diverse proposte, da tempo approntate per modificare le norme vigenti, nessuna di esse è stata ancora approvata dagli organi competenti.

“Questo stato di fatto (G.Zorzi et al.,1994) ha indotto alcune amministrazioni regionali a perseguire strategie proprie in materia di criteri per la produzione, commercializzazione ed uso del compost, pervenendo all’emanazione di regolamenti tecnici sicuramente più avanzati rispetto alle deliberazioni nazionali e che consentono un’evoluzione di questo settore.

Tab. 2.1 - *Ammendanti Organici naturali.*

N.	DENOMINAZIONE DEL TIPO	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili Criteri concernenti la valutazione Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi e/o sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato Caratteristiche diverse da dichiarare Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
6	Ammendante da residui urbani (Composti maturi)	Prodotto ottenuto per fermentazione aerobica con riscaldamento naturale ad una temperatura non inferiore a 60°C di rifiuti solidi urbani, preceduto o seguito da operazioni meccaniche quali cernita, macinazione, dilacerazione, deferratura, setacciatura, ecc.	Sostanza organica sul tal quale : minimo 20% Azoto totale, percentuale sulla sostanza secca : massimo 2% Rapporto C/N: non superiore a 30 Granulometria : vedere colonna 5	Granulometria (setaccio a maglie quadrate): molto fine: almeno il 99% inferiore a 12,5 mm fine: almeno il 99% inferiore a 12,5 mm media : almeno il 99% inferiore a 12,5 mm grossolana : almeno il 99% inferiore a 40mm	In percentuale di peso sul prodotto tal quale: Carbonio organico di origine biologica Azoto totale Sostanza organica Rapporto C/N Classe granulometrica	Senza alcuna aggiunta di composti azotati inorganici o di azoto organico di sintesi

Si cita ad esempio la Deliberazione n.4978 del 6/9/91 della Regione Veneto, la Legge n.21 della Regione Lombardia e la Legge n. 1/90 della Regione Liguria e, prima fra tutte l'assennata posizione della Regione Piemonte che, fissando un disciplinare di qualità del compost, rendeva più blande le prescrizioni relative all'impiego agricolo dei prodotti. Tutti i predetti dispositivi legislativi (tab.2.2) mirano alla liberalizzazione del mercato del compost sempre che sia dimostrata la conformità del materiale allo standard di qualità fissato dalle singole amministrazioni, in genere molto più restrittivo di quello fissato nel DPR 915/82.

In tempi recenti alcune amministrazioni regionali e provinciali (Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna), alla luce dei risultati positivi riscontrati nelle esperienze sinora promosse in ciascun ambito territoriale, hanno convenuto di adottare una linea di indirizzo comune a sostegno della produzione di un compost di elevata qualità, utilizzabile liberamente nelle attività agricole e paesistico-ambientali, assumendo norme tecniche prospettate al Ministero dell'Ambiente nell'auspicio di vedere accolte le istanze presentate.”

Alla base della revisione della normativa sul compostaggio in genere, si colloca un unico fondamentale obiettivo: deliberare l'impiego agronomico, naturalmente per il compost di elevata qualità, liberalizzandone il commercio come un qualunque altro ammendante.

Questo obiettivo diventa più facilmente raggiungibile se la legge preposta sollecita le amministrazioni pubbliche ad attivare la raccolta differenziata della componente dei RSU da inviare al compostaggio, e se la stessa legge propone accorgimenti processistici e gestionali per ottenere un prodotto stabilizzato biologicamente e ricco di sostanza organica umificata; infatti un buon compost oltre che da rifiuti organici selezionati, si ottiene anche da un processo di compostaggio rigorosamente condotto e controllato.

Tab. 2.2 : Limiti di qualità del compost - Normative nazionali e regionali. (G. Zorzi et al., 1994)

	DPR 915/82	L 748/84	Regione Lombardia	Regione Piemonte	Regione Veneto
Umidità %	< 45	--	--	≤ 40	< 50
pH	6 ÷ 8.5	--	< 8.5	6 ÷ 8	5.5 ÷ 8.0
CES (25°C) μS/cm	--	--	--	--	--
Salinità meq/100 g ss	--	--	--	≤ 50	< 50
Cloruri solubili mg/kg ss	--	--	--	≤ 2000	--
Solfati solubili mg/kg ss	--	--	--	≤ 5000	--
Fenoli volatili mg/kg ss	--	--	--	≤ 10	--
Ceneri % ss	--	--	--	--	< 40
Carbonio organico % ss	--	--	--	--	> 25
Sostanza organica %	> 40 (% ss)	> 20 (% tq)	--	> 40 % ss	--
C umico % sul C totale	> 20 *	--	--	> 20 *	> 20 **
1° frazione umica % sul C totale	--	--	--	--	> 25 **
C acidi umici / fulvici	--	--	--	> 1.5 *	--
Carbonio / Azoto	< 30	< 30	< 30	< 20	< 25
Azoto totale % ss	> 1	< 2	--	> 1.7	> 1.5
Azoto ammoniacale % ss	--	--	--	< 0.06	--
Azoto nitrico % ss	--	--	--	> 0.04	--
Fosforo (P ₂ O ₅) % ss	> 0.5	--	--	> 1	--
Potassio (K ₂ O) % ss	> 0.4	--	--	> 0.7	--
Zinco mg / kg ss	< 2500	--	< 400	≤ 1500	< 1250
Rame mg / kg ss	< 600	--	< 200	≤ 500	< 300
Nichel mg / kg ss	< 200	--	< 50	≤ 150	< 150
Piombo mg / kg ss	< 500	--	< 200	≤ 350	< 200
Cromo totale mg / kg ss	< 510	--	< 150	≤ 500	< 151
Cromo VI mg / kg ss	< 500	--	--	--	< 150
Cromo III mg / kg ss	< 10	--	--	--	< 1
Cadmio mg / kg ss	< 10	--	< 3	≤ 5	< 5
Mercurio mg / kg ss	< 10	--	< 2	≤ 2.5	< 3
Arsenico mg / kg ss	< 10	--	< 5	≤ 2.5	< 5
Selenio mg / kg ss	--	--	--	--	< 5
Boro mg / kg ss	--	--	--	≤ 40	< 100
Granulometria mm	0.5 ÷ 25	6.3 ÷ 40	--	--	--
Materiali inerti % ss	≤ 3	--	< 3	--	--
Vetri dimensioni mm	≤ 3 mm	--	--	--	--
Vetri % ss	≤ 3	--	--	--	--
Plastiche dimensioni mm	--	--	< 2	--	--
Plastiche % ss	≤ 1	--	< 0.5	--	--
Mat. ferrosi % ss	≤ 0.5	--	--	--	--
Semi infestanti	assenti	--	--	assenti o	--
Salmonelle	N°/50 g	--	--	inattivati	--
	assenti	--	--	assenti	--
	(N°/50 g)	--	--	MPN /g ss	--
Indice germinazione %	--	--	--	> 70 ^	> 60 ^^
Indice respirazione	--	--	--	< 100	--
mg O ₂ / kgVS / h	--	--	--	--	--

* estraibile con pirofosfato 0.1 M e soda 0.1 M

** estraibile con soda 0.1 M

^ media valori ottenuti alle diluizioni 50 e 75 % dell'estratto
se < 70 sono considerati non fitotossici i compost con indice di accrescimento con
Lepidium sativum > 100 (rispetto al testimone)

^^ valore ottenuto alla diluizione 30 % dell'estratto

3.0 IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO

Si definisce compostaggio un processo di fermentazione aerobica controllata, o meglio un processo di degradazione biologica aerobica, durante il quale molte sostanze vengono trasformate in anidride carbonica e acqua e in cui vengono sintetizzati prodotti stabilizzati e sostanze umiche.

In questo processo di biossidazione termofila molti microorganismi, in presenza di ossigeno, ossidano la sostanza organica attraverso la mineralizzazione della frazione più facilmente fermentescibile.

Altra caratteristica della decomposizione aerobica è rappresentata dalla notevole quantità di energia che si libera sotto forma di calore; infatti la massa di materiale in fermentazione può raggiungere temperature superiori ai 70°C, condizioni in cui sopravvivono solo i microorganismi termofili mentre vengono distrutti sia i patogeni sia semi infestanti eventualmente presenti.

E' garantito quindi l'ottenimento a partire dai materiali di scarto, di un prodotto organico di ottima qualità, esente da microorganismi patogeni e stabilizzato dal punto di vista biologico.

Il prodotto risultante dalla trasformazione biologica della sostanza organica contenuta nei rifiuti è il compost, prodotto umificato riutilizzabile principalmente ai fini agricoli; più precisamente il compost è una miscela di sostanze organiche derivate da rifiuti solidi, generalmente urbani ed agricoli, privata di materiali metallici, vetrosi, plastici e talvolta cellululosici, biodegradabile, con pH intorno a 8 e sottoposto a parziale fermentazione microbica.

Il compostaggio facilita lo smaltimento di prodotti degradabili, permette una umificazione rapida (5-9 settimane) e garantisce l'igienizzazione della massa organica; il processo è mediato dall'azione di un insieme di microorganismi (batteri, actinomiceti, funghi) che si alternano nell'operazione di ossidazione del materiale organico biodegradabile.

Le fasi che lo caratterizzano si possono così sintetizzare:

- a) avviene su un substrato organico poligenico (di origine differenziata);
- b) si evolve attraverso una breve fase termofila e di produzione di fitotossine (fase di decomposizione);
- c) fornisce un prodotto maturo nella fase conclusiva (fase di stabilizzazione umificativa).

Le condizioni di substrato poligenico e di processo bio-ossidativo rappresentano i requisiti essenziali all'umificazione; la presenza di uno stadio termofilo assicura l'igienizzazione della massa organica, con eliminazione di organismi nocivi e semi di piante infestanti. E' infine indispensabile che la produzione di fitotossine, che caratterizza la decomposizione iniziale della sostanza organica, sia rapida e sostituita a breve termine dai processi umificativi (circa 2 settimane); infatti alcuni processi di degradazione biologica prolungati comportano la produzione di molecole solubili e fitotossiche.

Da queste considerazioni si evince che le caratteristiche del compost sono essenzialmente dipendenti dal materiale di partenza e dai fattori che influenzano l'andamento del processo.

3.1 Preselezione della frazione organica biodegradabile e caratteristiche del materiale da compostare

La preselezione della frazione organica biodegradabile per il successivo compostaggio riveste particolare importanza sia per la separazione degli inerti che per il contenuto in metalli pesanti. Riguardo agli inerti, gli impianti che prevedono una triturazione in testa al processo creano generalmente più difficoltà per la loro successiva separazione in quanto, una volta sminuzzati e di conseguenza mescolati alla frazione organica, diventa più problematico e costoso l'utilizzo di mezzi fisico-meccanici per la loro separazione. Risultati soddisfacenti si ottengono con l'impiego di cilindri orizzontali rotanti in cui il materiale è sottoposto ad un trattamento fisico-biologico in corrente d'aria. Infatti all'interno di questi reattori il materiale organico è sottoposto ad una iniziale degradazione microbica, con riduzione della sostanza organica a dimensioni più piccole, e ad una successiva azione fisica di comminazione molto più blanda di quella operata dai trituratori o mulini. In uscita dal reattore si ottiene la separazione tra il materiale organico biodegradabile e gli inerti; quest'ultimi si presentano ancora di taglia grossolana e pertanto sono facilmente separabili.

La sostanza organica raccolta, in quanto "pulita", può essere ora avviata al processo di compostaggio sminuzzata e con una distribuzione uniforme di microorganismi (che sono i "protagonisti" della stabilizzazione del compost).

Per ridurre i metalli pesanti, è fondamentale la raccolta differenziata integrale ed è preminente incentivare ulteriormente quella delle pile il cui contributo al rilascio dei metalli nel compost può raggiungere il 50%. La separazione dei materiali ferrosi e non ferrosi effettuata a monte dell'impianto comporta una notevole riduzione di metalli nel materiale finale.

Tutti questi accorgimenti garantiscono un compost con valori in metalli pesanti al di sotto dei limiti previsti dall'attuale normativa.

Per quanto riguarda l'aspetto biologico, perché esso si espleti correttamente, è necessario che il materiale di partenza sia condizionato fisicamente, chimicamente e biologicamente in maniera opportuna; le dimensioni e la consistenza delle particelle devono essere tali da conferire una giusta porosità alla massa, evitarne un impacchettamento esagerato e consentire il passaggio dell'aria anche in cumuli di due metri. Per non rallentare troppo la degradazione microbica le particelle devono avere le dimensioni di qualche cm; infatti la trasformazione di un substrato per via microbica è direttamente proporzionale alla superficie disponibile per cui, a parità di volume, più piccole sono le particelle maggiore è la superficie a disposizione.

Altro parametro da tenere in considerazione nel materiale da compostare è il contenuto in acqua poiché quantità troppo elevate ostacolerebbero l'ossigenazione completa della massa, mentre valori troppo bassi interromperebbero precocemente il processo.

A sua volta, la composizione chimica della massa influenza alcuni parametri di processo; particolare importanza riveste il rapporto carbonio azoto (C/N); valori troppo elevati ritardano il metabolismo microbico mentre valori troppo bassi favoriscono la perdita di azoto per volatilizzazione di ammoniaca.

Essenziale risulta la presenza, nel materiale di partenza, di quei microorganismi che sono responsabili del processo; solitamente questi sono presenti ma, se dovessero mancare o essere

numericamente ridotti, è opportuno ricircolare una parte del compost maturo utilizzandolo come starter.

3.2 Le fasi del compostaggio

Le fasi sono essenzialmente due e ben distinte: la prima (più intensa) è la mineralizzazione (o bioossidazione in senso stretto), la seconda (più lenta) è l'umificazione.

Nella prima si opera in condizioni bioossidative sui substrati organici iniziali; la mineralizzazione comporta la degradazione della sostanza organica più fermentescibile (sostanze a struttura semplice quali zuccheri, acidi, amino-acidi, ecc.) associata ad una intensa attività microbica con conseguente produzione di calore, anidride carbonica, acqua nonché di un residuo organico parzialmente trasformato e stabilizzato. Esaurita la frazione organica assimilabile, la decomposizione continua con processi più lenti a spese di molecole più complesse e delle spoglie microbiche.

Nella seconda fase si completa il processo di trasformazione della sostanza organica in condizioni meno ossidative (anche se sempre aerobiche o microaerobiche) in modo da permettere la formazione delle sostanze umiche ed eliminare eventuali composti fitotossici formati nella prima fase. Questa fase di umificazione è condotta da microorganismi specifici che sintetizzano polimeri tridimensionali complessi che a loro volta costituiscono il substrato energetico per future attività microbiche ed aggluminanti per il terreno; queste strutture sono responsabili della fertilità del suolo.

E' da sottolineare la differenziazione fra la fase bioossidativa e le fase di maturazione riguardo al contenuto minimo di ossigeno nella massa di materiale in trasformazione. Nella prima fase infatti è necessario garantire una sufficiente aerazione per permettere un avvio corretto delle trasformazioni microbiche ed avere un innalzamento della temperatura tale da igienizzare il materiale; secondo molti autori, l'ossigeno durante la fase bioossidativa deve essere compreso tra il 5 e il 15%.

Nella seconda fase vengono invece favoriti i processi di formazione dell'humus in condizioni aerobiche e microaerobiche, ma non fortemente ossidative, in modo da evitare una eccessiva mineralizzazione della sostanza organica. In questa fase di maturazione, la richiesta di ossigeno è minore, i processi biologici diventano più lenti e la temperatura subisce una parziale riduzione; è in questa fase che avviene la formazione di humus con un processo piuttosto lento e in cui si registra un contenuto di ossigeno compreso tra 1 e 5%.

Considerando i diversi stadi di formazione dell'humus, si può identificare la fase bioossidativa del compostaggio con quella degradativa delle sostanze organiche, mentre la fase di sintesi delle sostanze umiche, pur iniziando nella prima fase del compostaggio, si sviluppa e viene ultimata nella fase di maturazione del compost.

La trasformazione della sostanza organica nel corso del processo di compostaggio è rappresentata nello schema riportato in figura 3.1;

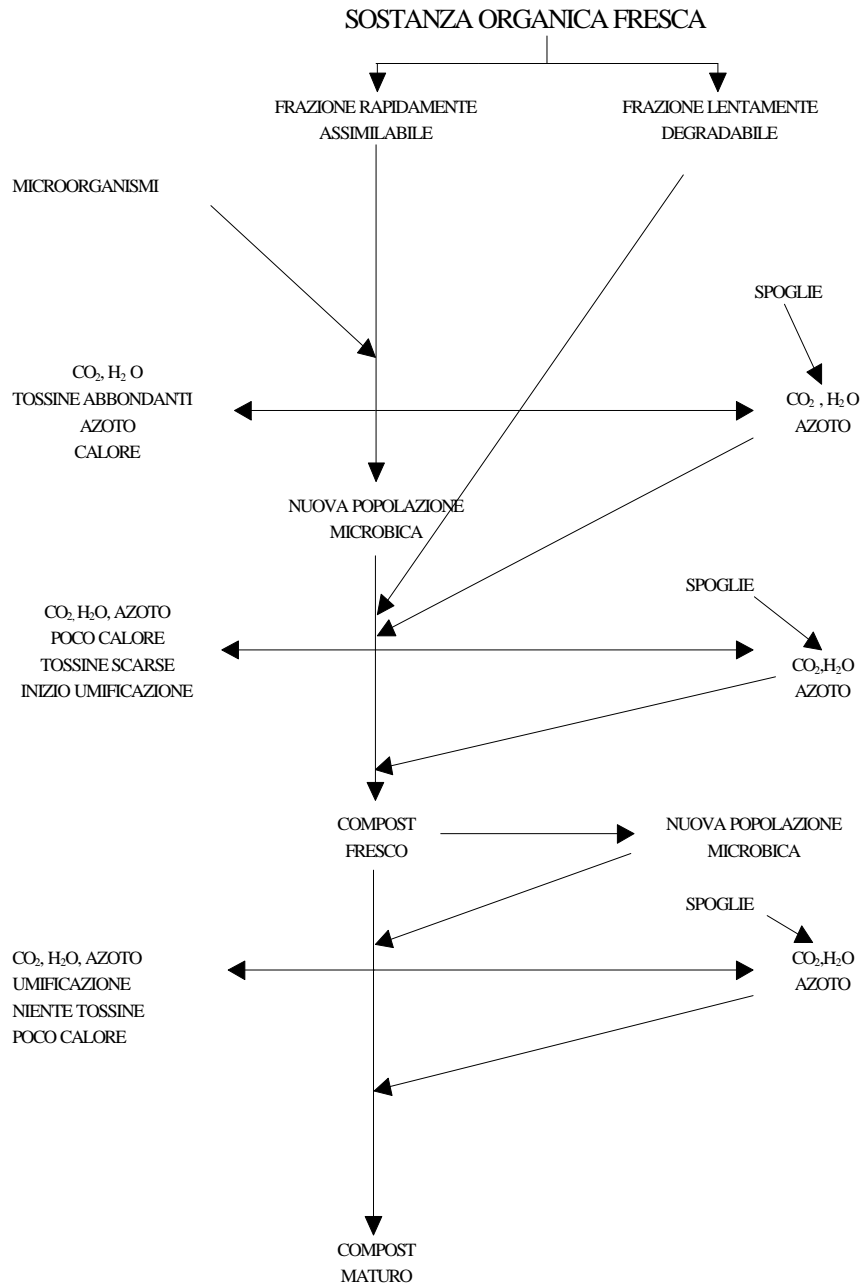


Fig. 3.1 - Rappresentazione schematica della evoluzione della sostanza organica nel corso

del processo di compostaggio (R. Barberis, M. Consiglio, P. Nappi, 1990).

3.3 Parametri che influenzano il processo di compostaggio

Il compostaggio è essenzialmente un processo microbiologico che avviene in condizioni controllate per cui, tutti quei fattori in grado di influire sulle attività dei microorganismi coinvolti, lo caratterizzano e ne determinano l'andamento. Oltre all'ossigeno già menzionato, diversi altri parametri variano in modo caratteristico nelle varie fasi del compostaggio e quindi devono essere tenuti sotto osservazione affinché il processo avvenga in condizioni ottimali.

Uno di questi è il *pH*; il valore ottimale per lo sviluppo dei batteri risulta compreso tra 6 e 7,5 mentre quello per i funghi tra 5,5 e 8. Nel corso del processo questo parametro è soggetto a notevoli oscillazioni: all'inizio, la formazione di anidride carbonica e di acidi organici causa spostamenti del pH verso valori acidi (5-6); successivamente, grazie all'aerazione (che tende ad eliminare l'anidride carbonica) ed alla decomposizione delle proteine (con formazione di ammoniaca), il pH sale fino a valori di 8-8,5; vari autori concordano nel ritenere accettabili valori finali vicini alla neutralità o leggermente basici.

Altro parametro da tenere in considerazione è l'*umidità*; il compostaggio è infatti un processo biologico per cui il grado di umidità deve essere tale da garantire le condizioni di vita dei microorganismi per i quali l'acqua serve da veicolo per gli enzimi e per gli scambi nutritivi attraverso le membrane cellulari. L'umidità varia a seconda del sistema di compostaggio utilizzato, dello stato fisico dei rifiuti, della miscela trattata e della sua porosità; queste ultime due caratteristiche sono a loro volta influenzate dalla capacità di ritenzione idrica del supporto. Per esemplificare, il tenore idrico di partenza rappresenta il parametro principale per determinare il rapporto ottimale in caso di miscelazione di RSU e fanghi; solitamente un rifiuto organico compatto deve avere un grado di umidità inferiore per compensare la scarsa porosità utile per la circolazione dell'aria. La triturazione del materiale favorisce il buon andamento del processo perché aumenta la superficie attaccabile dai microorganismi ma se esagerata, può comportare un risultato negativo dovuto al costipamento del materiale.

In ogni caso è necessario che durante il processo l'umidità sia compresa tra il 50 e il 65% poiché valori inferiori riducono apprezzabilmente l'attività microbica mentre valori superiori favoriscono l'insorgere di condizioni anossiche negative per il processo.

Un altro dei parametri, tra i più indicativi, che caratterizza le varie fasi del processo di compostaggio è certamente la *temperatura* della massa, risultato delle reazioni esoenergoniche condotte dai microorganismi; nella fase fermentativa del processo si ha dapprima un repentino innalzamento in cui è possibile distinguere un primo stadio mesofilo e un successivo termofilo, seguito dalle fasi di raffreddamento e di maturazione (fig. 3.2).

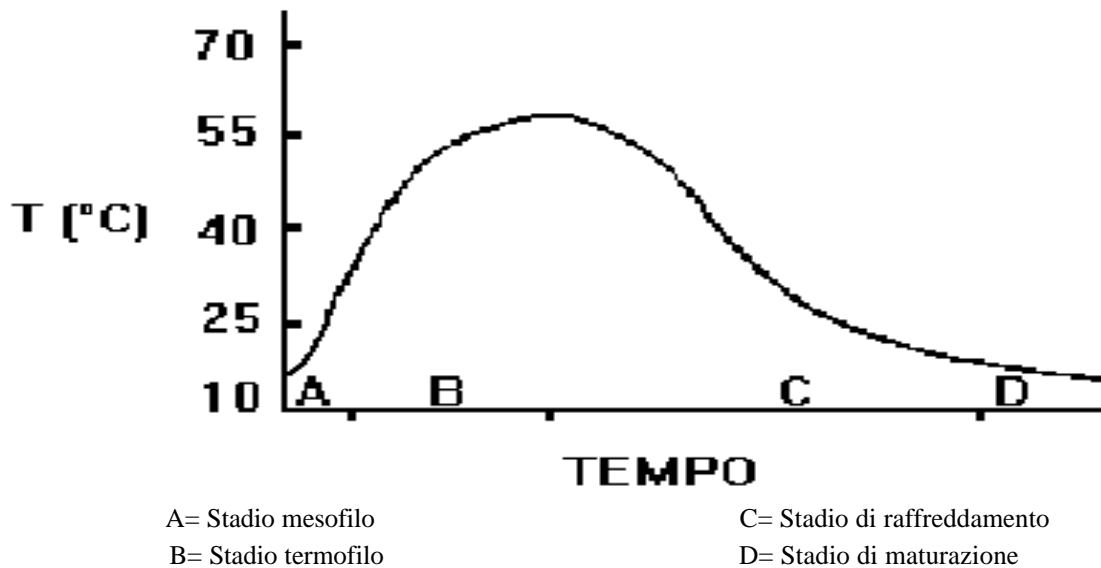


Fig. 3.2

Nella fase mesofila si ha l'avvio della decomposizione delle sostanze più facilmente biodegradabili (zuccheri e proteine) da parte dei batteri. La loro attività decresce con l'aumentare della temperatura fino ad annullarsi quando si superano i 40°C.

Successivamente inizia l'azione dei microorganismi termofili (attinomiceti e funghi) che operano in condizioni di temperatura di 60-65°C. Oltre 60°C muore la flora termofila fungina pur proseguendo l'attività degli attinomiceti. Il processo si arresta quando il materiale facilmente biodegradabile è totalmente consumato; a questo punto inizia il raffreddamento della massa accompagnato dalla reinvasione dei funghi termofili che cominciano l'attacco dei materiali cellulosici.

A digestione completata diminuisce l'attività microbica e la temperatura si avvicina a quella esterna.

Da sottolineare che nei cumuli di maturazione si registrano le stesse condizioni termiche sia nelle zone più interne che in quelle superficiali anche se in queste ultime il ciclo si svolge in tempi più brevi e si raggiungono livelli di temperature massime inferiori; si considerano spenti quando la temperatura scende definitivamente al di sotto dei 30 gradi.

L'andamento della temperatura favorisce l'attività dei saprofiti responsabili del processo di trasformazione del materiale in compostaggio; temperature molto superiori ai 60°C comportano una riduzione della carica microbica con rallentamento della trasformazione della sostanza organica.

Per questo motivo, condizioni operative in cui si tenta di ottimizzare ed accelerare il processo aumentando la temperatura, sono sconsigliate da parecchi autori.

La microflora saprofitica, costituita da specie mesofile e termofile, rappresenta la popolazione naturale del mezzo ed esercita azioni antagonistiche verso i patogeni che costituiscono una porzione irrilevante nell'ambito della microflora totale. È proprio questa competizione microbica che permette il controllo dei patogeni durante il compostaggio; i saprofiti

prevalgono sui patogeni poiché i primi restano nel loro ambiente naturale mentre i secondi si vengono a trovare in un habitat nuovo e oltretutto non adatto.

Quando si parla di patogeni si includono sia quelli interessanti le piante (fitopatogeni) e gli animali che l'uomo; riguardo ai primi, si può affermare che il processo, se opportunamente condotto, può garantirne l'eliminazione. Più importanti sono invece i patogeni per l'uomo che possono anche essere abbondantemente presenti in dipendenza del materiale di partenza. I più importanti sono gli enterobatteri, alcuni virus ed alcune specie di funghi opportunistici. E' stato comunque dimostrato (parecchi dati sono disponibili in letteratura) che il compostaggio, condotto in condizioni controllate, permette di ridurre notevolmente la quantità di alcuni batteri (come coliformi e streptococchi fecali) e di eliminarne alcuni particolarmente pericolosi (come le salmonelle).

Questo aspetto va considerato soprattutto nei casi in cui il rifiuto urbano viene miscelato con fanghi di depurazione che sono i più grossi apportatori di agenti patogeni di origine fecale umana o animale potenzialmente pericolosi per la salute (questo rappresenta infatti uno dei maggiori fattori limitanti l'utilizzo diretto dei fanghi di depurazione in agricoltura).

Una considerevole letteratura internazionale afferma che, nei limiti di temperatura compresi tra 50 e 70°C, avviene la morte della maggior parte dei microorganismi mesofili ivi comprese molte specie patogene; se tutta la massa di materiale organico in compostaggio è sottoposta a 55-60°C di temperatura per alcuni giorni (non meno di 2-3), il prodotto finale che si ottiene si può considerare sufficientemente igienizzato.

Le alte temperature che si raggiungono nel corso del compostaggio garantiscono la distruzione dei patogeni presenti nei fanghi e nei rifiuti solidi urbani come riportato in tab.3.1.

Salmonella typhosa	arresta la crescita sopra i 46 gradi; muore in 30 minuti a 55-60 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi; è distrutta in poco tempo in ambienti di compostaggio
Salmonella sp.	muore entro un'ora a 55 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi
Shigella sp.	muore entro un'ora a 65 gradi
Escherichia coli	la maggior parte muore entro un'ora a 55 gradi ed entro 15-20 minuti a 60 gradi
Entamoeba histolitica	muore in pochi minuti a 45 gradi ed entro pochi secondi a 55 gradi
Taenia saginata	muore entro pochi minuti a 55 gradi
Trichinella spiralis	muore velocemente a 55 gradi e istantaneamente a 60 gradi
Brucella abortus e Brucella suis	muoiono in 3 minuti a 62-63 gradi e un'ora a 55 gradi
Micrococcus piogenes	muore in 10 minuti a 50 gradi
Streptococcus piogenes	muore in 10 minuti a 54 gradi
Mycobacterium tuberculosis var.hominis	muore in 15-20 minuti a 66 gradi
Corynebacterium diphtheriae	muore in 45 minuti a 55 gradi
Necator americanus	muore in 50 minuti a 45 gradi
Ascaris lumbricoides	muore in meno di un'ora a temperature

maggiori di 50 gradi

Tab. 3.1 -Temperature e tempi di esposizione necessari alla distruzione dei più comuni agenti patogeni e parassiti occasionalmente presenti nei rifiuti.(R. G. Barazzetta, 1987)

Un altro dei parametri utilizzati per seguire l'evoluzione del materiale sottoposto a compostaggio, è il *rapporto C/N* che rappresenta un buon indice del grado di maturazione della sostanza organica e influenza significativamente la popolazione microbica. L'attività dei microorganismi eterotrofi coinvolti nel processo è dipendente dai tenori di azoto e carbonio; essi infatti utilizzano il carbonio come fonte energetica e l'azoto come mezzo di sintesi per le loro proteine. Nel corso delle reazioni di ossidazione, che comportano liberazione di anidride carbonica, la maggior parte del carbonio (circa i due terzi) serve ai microorganismi come fonte di energia mentre la parte rimanente va a formare il protoplasma cellulare insieme ad azoto, fosforo, potassio ed altri microelementi. Per quanto concerne l'azoto, i microorganismi in questione sono in grado di scindere le proteine del substrato in peptidi e aminoacidi liberi che possono essere assimilati direttamente o ulteriormente scissi con produzione di ammoniaca; questa a sua volta può essere di nuovo utilizzata dai microorganismi o essere persa per volatilizzazione.

Premesso che gli organismi viventi utilizzano in media 30 atomi di carbonio per ogni atomo di azoto, si deduce che il rapporto ottimale C/N per la partenza del processo è compreso tra 25 e 35; un eccesso di carbonio causa un rallentamento dell'attività microbica, mentre un eccesso di azoto, pur permettendo una rapida decomposizione, causa grosse perdite di azoto per volatilizzazione. La miscelazione di residui ligno-cellulosici (con C/N = 100-300) con fanghi di depurazione (con C/N = 5-15) permette il riequilibrio del rapporto e garantisce condizioni ottimali per l'inizio del processo biologico di trasformazione. La stessa cosa avviene miscelando la frazione organica degli RSU con fanghi di depurazione che permettono di ottimizzare oltre al rapporto C/N anche il contenuto di umidità.

L'andamento di questo parametro nel corso del processo varia quindi in relazione al rapporto carbonio-azoto di partenza; esso tende a diminuire costantemente fino a valori tipici della sostanza organica umificata che si possono riscontrare nei terreni naturali. Quindi maggiore è il rapporto C/N e più tempo necessita a completare la fase di maturazione; il C/N finale di prodotti di buona qualità si attesta su valori compresi tra 15 e 20.

Ricopre un ruolo analogo a quello dell'azoto il fosforo la cui fonte di approvvigionamento è rappresentata dai fanghi; il valore iniziale del *rapporto C/P* non deve superare 200 e al termine del compostaggio si deve attenere su valori intorno a 100.

Altri macroelementi (Ca e Mg) e tutti gli oligoelementi, in genere presenti nei vari tipi di rifiuti, sono più o meno importanti nell'ambito di questo processo; essi infatti stimolano l'attività microbica e catalizzano le funzioni biochimiche.

I parametri considerati costituiscono gli indicatori della evoluzione in atto della sostanza organica ed il tempo necessario al completamento dell'intero processo varia considerevolmente in funzione di essi; secondo alcuni autori il tempo necessario a completare la fase attiva del processo oscilla tra un minimo di 10 ed un massimo di 20 giorni (escluso quello per la maturazione).

Nelle prime applicazioni industriali é stato proposto, come mezzo per accelerare le reazioni di biostabilizzazione, l'uso di inoculi termine con cui si indicano i microorganismi che sono aggiunti al materiale avviato al compostaggio al fine di incrementare il processo (G. Vallini et al., 1994).

La maggior parte degli studi sull'argomento hanno dimostrato che: non sono né necessari né vantaggiosi in quanto nel rifiuto da trattare sono presenti naturalmente i microorganismi più efficienti ed adatti al processo; i microorganismi "inoculati", anche se in dose rilevante, soccombono nei fenomeni di competizione che si vengono a creare con le popolazioni "indigene" delle matrici di partenza; possono risultare utili per il trattamento di substrati con carica microbica naturale assente, bassa, molto lenta nello sviluppo o in residui organici sterilizzati; in questo caso risulta più efficace l'inoculo con compost ottenuto dalla biostabilizzazione aerobica della stessa matrice che si vuol trattare.

Vanno inoltre smentite le dichiarazioni di alcuni costruttori di impianti circa la possibilità di ottenere materiale umificato in soli 2-3 giorni e a questo proposito si riportano le testuali parole di De Bertoldi e coll. (in G. Barazzetta, 87): "pur ottimizzando tutti i parametri che possono condizionare il metabolismo microbico, il tempo richiesto per la trasformazione di un substrato organico in compost resta un fattore legato alla velocità di duplicazione dei microorganismi coinvolti, fattore genetico questo, che ben poco può essere modificato da interventi esterni.

Si parla pertanto sempre di tempi di maturazione che, anche in condizioni ottimali si aggirano attorno al mese. Qualora i principali fattori che condizionano il processo non raggiungano il livello ottimale, la trasformazione in compost può durare parecchi mesi, senza peraltro garantire l'ottenimento di un prodotto agronomicamente valido."

3.4 I metodi di compostaggio

Il metodo di compostaggio primitivo é quello cosiddetto passivo, rilevabile a tutt'oggi in gran parte delle aziende agricole per il trattamento delle deiezioni animali, che consiste semplicemente nell'accumulare la matrice organica putrescibile, lasciarla indisturbata per molti mesi senza condizionarne minimamente la degradazione e trasformazione.

Sebbene la più spontanea, questa tecnica non é rilevante nel panorama biotecnologico in cui si riconoscono tre gruppi generali di metodi di compostaggio (G. Vallini et al., 1994):

- a) il compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati;
- b) il compostaggio in cumuli statici aerati;
- c) il compostaggio in bioreattori.

a) In questo caso si dispone la matrice di partenza in cumuli generalmente a sezione triangolare, di altezza variabile (a seconda delle caratteristiche del substrato e delle macchine movimentatrici utilizzate), periodicamente rivoltati (anche con le più comuni pale meccaniche) in modo che il materiale interessato sia efficientemente aerato.

Le dimensioni dei cumuli (altezza variabile da 1 a 3 m, base da 3 a 6 m) sono determinate generalmente dalla loro porosità in quanto se molto grandi tendono a compattarsi (con il rischio di reazioni anossiche nella parte centrale) mentre se di dimensioni ridotte perdono

calore troppo velocemente (non raggiungendo le temperature richieste per l'evaporazione dell'acqua e per la distruzione di patogeni eventualmente presenti).

Il rivoltamento consente il miscelamento dei materiali di partenza, ne riduce la pezzatura (con aumento della superficie disponibile all'attacco microbico), ne facilita l'aerazione (il materiale in superficie viene rimpiazzato da quello delle zone interne) e ne regola la temperatura (esposizione uniforme del materiale alle alte temperature) in modo da garantire una sufficiente igienizzazione ed una omogenea stabilizzazione.

La frequenza dei rivoltamenti dipende dal tasso di decomposizione, contenuto di umidità e porosità del substrato per cui sarà maggiore nelle prime fasi del processo, in caso di emissioni maleodoranti e di accumulo eccessivo di calore (rischioso per la vitalità dei microorganismi) mentre tenderà a diminuire con l'aumentare della stabilizzazione.

Con questo metodo, la fase di compostaggio attivo dura solitamente da tre a nove settimane a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza dei rivoltamenti.

b) Questa tecnica non prevede la movimentazione del materiale in quanto l'ossigenazione è assicurata da appositi sistemi di tubi diffusori in cui circola aria in forma passiva o forzata.

Nel primo caso, l'apparato di tubi bucherellati è posto sul basamento (che ospita il cumulo) sopra uno strato di compost maturo e termina all'esterno del cumulo con estremità aperte; i tubi posizionati con i fori rivolti verso il basso (per evitare rischi di ostruzione ed il drenaggio della condensa) permettono la diffusione dell'aria attraverso il profilo del cumulo e a processo ultimato vengono semplicemente rimossi.

Poiché non è prevista nessuna movimentazione, è necessario miscelare bene il substrato di partenza, omogeneizzarlo opportunamente, dotarlo di una tessitura idonea (area superficiale del substrato disponibile per l'attività microbica aerobica), disporlo in cumuli non più alti di 1-1,2 m e ricoprirlo con uno strato di 10 cm circa, solitamente costituito da compost maturo, come coibente e assorbente delle emissioni maleodoranti.

Questo metodo è risultato particolarmente indicato per il trattamento dei residui di alcune industrie conserviere produttrici di sostanze a notevole impatto olfattivo o ad elevate concentrazioni di composti azotati (residui dell'industria ittica, scarti di macellazione, liquami suinicoli, ecc...).

Nel secondo caso, sono previsti apparati di tubi, anch'essi opportunamente bucherellati, che costringono l'aria a passare forzatamente attraverso la matrice in compostaggio per aspirazione dalla superficie o per insufflazione nel substrato; anche in questo caso è necessario miscelare accuratamente il materiale di partenza, conferirgli la giusta porosità, sistemarlo in cumuli (di altezza non superiore a 2,5 m per una diffusione uniforme dell'aria) su una platea ricoperta da uno strato di materiale poroso in cui si localizza l'apparato di aerazione che è connesso ad un ventilatore in grado di aspirare o insufflare aria.

Il sistema basato sull'aspirazione dell'aria (detto anche processo Beltsville) presenta alcuni inconvenienti riguardo il controllo del processo; il richiamo di aria fredda dall'atmosfera esterna comporta la condensazione del vapore acqueo nella zona centrale del cumulo (dove si creano le condizioni ideali per l'insorgenza di condizioni anossiche) e la ridotta evaporazione (per minore dissipazione di calore) non permette un adeguato controllo della temperatura, parametro maggiormente condizionante il metabolismo microbico.

Problemi di questo genere non si riscontrano nel sistema ad aerazione forzata per insufflazione in quanto, il funzionamento delle soffianti può essere governato anche in relazione all'andamento della temperatura interna al substrato (processo Rutgers); in questo caso un

senso termico (es. termocoppia), collocato nel cumulo, invia il segnale ad un termostato (su cui é impostata normalmente una temperatura di 55°C) collegato a sua volta con la centralina di controllo delle soffianti che si attivano o meno a seconda della temperatura rilevata dalla termocoppia.

In questo modo é garantito l'apporto di aria in quantità tale da soddisfare la richiesta di ossigeno da parte dei microrganismi, favorire la dispersione del calore in eccesso e garantire il raggiungimento delle temperature necessarie alla disattivazione di eventuali patogeni; con il processo Rutgers, la fase di compostaggio attivo si conclude nell'arco di tre o quattro settimane.

Nell'ambito dei trattamenti in cumuli statici la biostabilizzazione con aerazione forzata per insufflazione costituisce la procedura più idonea ad una corretta gestione del processo.

c) Nel compostaggio in bioreattore la stabilizzazione del substrato avviene in particolari strutture contenitive dove si combinano tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice.

In questi bioreattori la matrice organica subisce una prima parziale omogeneizzazione e trasformazione mentre la biostabilizzazione aerobica vera e propria del materiale avviene, generalmente, con uno dei sistemi in cumulo.

Esistono diverse tipologie di bioreattori ma i più comuni sono i cilindri rotanti DANO; si tratta di grossi cilindri (3 m circa di diametro per 35 m circa di lunghezza, capacità giornaliera di 50 t, tempo di residenza del substrato di tre giorni) disposti quasi orizzontalmente (leggera pendenza) e soggetti ad un lento movimento rotatorio che permette una buona miscelazione e la decomposizione della matrice organica la quale, in uscita dal reattore, é pronta per la successiva stabilizzazione.

Il substrato viene alimentato attraverso una tramoggia sistemata ad una estremità del cilindro e, grazie al movimento rotatorio, viene spinto attraverso tutta la lunghezza del cilindro per essere scaricato all'estremità opposta; all'interno del bioreattore si raggiungono temperature > 55°C e, dalla estremità di scarico, é immessa aria, in direzione opposta rispetto al procedere del substrato (controcorrente). All'uscita dei reattori vengono usati filtri speciali (in genere compost maturato) per eliminare gli odori e altre possibili sostanze inquinanti dai gas di ventilazione.

All'interno il cilindro può essere completamente aperto o diviso in due o tre compartimenti, separati da porte di trasferimento manovrabili. Alla fine di ogni giorno di attività, é possibile aprire la porta di trasferimento dell'estremità di scarico e liberare l'ultimo compartimento; aprendo successivamente le altre, il materiale é trasferito in sequenza per cui si libera il primo compartimento che può così ricevere un nuovo carico.

La velocità di rotazione e il grado di inclinazione dell'asse del cilindro determinano il tempo di ritenzione del materiale caricato, tempo che si riduce

se si ricicla e si mescola ai rifiuti freschi compost non maturato, in modo da ottenere il trasferimento dei batteri per accelerare il processo.

Nell'ambito della gestione dei rifiuti destinati alla biostabilizzazione, indipendentemente dal metodo di compostaggio cui sottoporli, risulta fondamentale creare le condizioni per uno svolgimento ottimale delle reazioni biologiche dal cui esito dipende la trasformazione di un substrato in compost;

“la sopravvivenza del compostaggio (G.Vallini et all.,1994) come alternativa nel trattamento dei rifiuti organici risiede ormai nella qualità del prodotto finito.”

3.5 Processi complementari o alternativi al compostaggio

Processi diversi dal compostaggio permettono la degradazione della sostanza organica di rifiuto; questi includono la preparazione di fertilizzanti pregiati (vermicompostaggio), lo sviluppo di biomasse (fungaia) e recuperi energetici (metano, calore, ecc.).

Da questi processi, ad eccezione del vermicompostaggio, si ottengono prodotti biologicamente instabili da utilizzare con cautela. Quest'ultimi, eventualmente, possono essere compostati fino a completa maturazione e solo in questo caso il prodotto ottenuto può essere definito compost (Specifiche CEE).

3.5.1 Il vermicompostaggio

È un processo di stabilizzazione bio-ossidativa che avviene in condizioni mesofile (temperatura non superiore ai 35°C); protagonisti sono i lombrichi che svolgono azioni di frantumazione, inoculo microbico e rimescolamento della massa come avviene meccanicamente nel compostaggio. In questo caso la stabilizzazione è più lenta (6-9 mesi) ed il processo avviene su cumuli bassi per evitare l'innalzamento termico. Per questi motivi, il processo non risulta opportuno per uno smaltimento massale della sostanza organica e comporta un aumento di costi anche se il prodotto finale risulta di qualità apprezzabile per l'agricoltura; è un fertilizzante organico ben stabilizzato, ben umificato, ricco di acidi fulvici con azione agglutinante per il terreno e stimolante per lo sviluppo delle piante. Il prodotto è adatto a tutti gli usi che richiedono sostanza organica molto stabile e denota un effetto favorevole a livello ambientale.

I prezzi del compost di lombrico variano dalle 180.000-250.000 £/t all'ingrosso, fino ad oltre 1.000.000 £/t al dettaglio; opportuni miglioramenti del processo accompagnati dalla validità del prodotto, potrebbero rilanciare il mercato del vermicompost che si era già affermato negli anni settanta ma subito dopo crollato.

3.5.2 La produzione di compost da fungaia

La preparazione di substrato per fungaia avviene tramite un processo bio-ossidativo analogo a quello decompositivo del compostaggio. Si differenzia da quest'ultimo per il fatto di essere arrestato in piena fase termofila; la stabilizzazione è sostituita dalla degradazione operata dal micelio del fungo coltivato. Il suo sviluppo lascia un prodotto immaturo allelopatico ai funghi stessi e non più utilizzabile come substrato di coltivazione. Il prodotto residuo dalla coltivazione dei funghi (compost di fungaia) è un ammendante organico parzialmente stabile, dotato di proprietà fertilizzanti dovute alla ricchezza azotata del materiale di partenza (solitamente letame) ed alla mineralizzazione che segue la decomposizione della biomassa fungina ricca di azoto.

Il prodotto non ancora maturo può essere utilizzato nella fertilizzazione di pieno campo; in Italia esso viene smaltito localmente a prezzi che vanno da 0 a 40.000 £/t, se insaccato e commercializzato i prezzi si aggirano sulle 100.000-140.000 £/t. Il compostaggio, grazie alle

sue proprietà igienizzanti, può permettere lo smaltimento giornaliero del materiale residuo degli impianti di produzione dei funghi che altrimenti deve essere sterilizzato (per distruggere i parassiti dei funghi coltivati).

3.5.3 Produzione di terricci dai letti caldi

La preparazione dei letti caldi sfrutta le proprietà termogene della sostanza organica in decomposizione come fonte di calore per lo sviluppo di colture. Questa tecnica economica dal punto di vista energetico ed efficiente colturalmente, rappresenta una delle forme di recupero termico. Al termine della coltivazione su letto caldo si ottiene un prodotto stabile ma raramente maturo che può essere usato nella fertilizzazione o viene lasciato maturare per altri 4-8 mesi. Il prodotto finale (terriccio) è di buona qualità anche se adatto a soli impieghi aziendali; non esiste infatti un commercio di questo prodotto che viene direttamente riutilizzato nelle aziende vivaistiche.

3.5.4 Gestione dei residui della metanizzazione

La metanizzazione è un processo anaerobico caratterizzato da una fase di decomposizione acida seguita dallo sviluppo di batteri metanigeni che utilizzano come substrato gli acidi prodotti nel processo. La presenza di quest'ultimi giustifica la fitotossicità dei residui della digestione anaerobica. La sostanza organica residua può essere sottoposta a processi stabilizzanti bio-ossidativi, incluso il compostaggio (Fig.3.3). Sembra che la decomposizione anaerobica possa facilitare, accelerandola, la stabilizzazione aerobica. Il residuo della metanizzazione non è commerciabile come tale e normalmente viene smaltito in discarica ma, stabilizzato ed igienizzato, può essere introdotto nel mercato del compost.

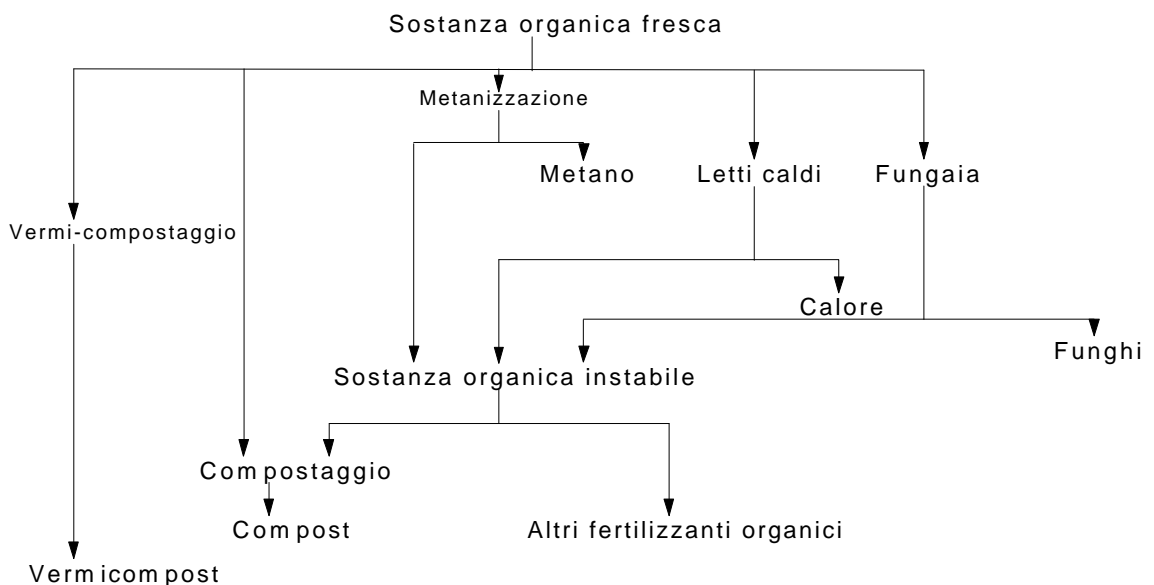


Fig. 3.3 - Diagramma di flusso relativo ai processi per il recupero energetico dei residui organici agrari, ed ai prodotti che se ne possono ricavare. (C.E.S.T.A.A.T., 1990)

4.0 METODI DI ANALISI DEL COMPOST

Nell'ambito di un corretto trattamento e/o smaltimento, risulta necessaria e indispensabile la conoscenza qualitativa e quantitativa dei rifiuti (*parametri merceologici*) in quanto, negli ultimi dieci anni, essi sono cambiati in rapporto ai mutamenti che hanno interessato tutta la società.

Al fine di verificare la validità e l'efficacia dei trattamenti effettuati, in rapporto ai rifiuti di origine e al destino dei prodotti risultanti, è richiesta una specifica caratterizzazione qualitativa anche dei prodotti rifiuto-derivati. Questa esigenza si riscontra in modo particolare nell'ambito del compostaggio, che rispetto alle altre tecniche quali incenerimento, ecc..., deve confrontare il suo prodotto con il mercato.

Per affrontare il problema tuttora non irrilevante della commercializzazione del compost, o più esattamente, per alleviare l'atmosfera di diffidenza che lo circonda, risulta prioritaria la necessità della messa a punto di metodiche analitiche in grado di valutarne e garantirne la stabilità / maturità per assicurare la produzione e potenziare il mercato.

Per la valutazione della qualità dei prodotti derivati dalla trasformazione dei rifiuti e destinati al riutilizzo in agricoltura, sono richieste specifiche metodologie di campionamento ed idonee determinazioni per una corretta valutazione analitica.

Oltre alla determinazione dei parametri *chimici*, che permettono di conoscere le singole sostanze componenti il materiale in esame, risulta particolarmente importante quella dei parametri *biologici* che permettono di seguire l'evoluzione dei materiali nel corso del compostaggio fornendo un giudizio complessivo sulla loro stabilità e maturità.

Altrettanto basilari sono i parametri *microbiologici* essendo noto che la stabilità di un materiale organico è strettamente dipendente dalla mineralizzazione delle sostanze organiche in esso contenute e dalla sintesi di composti unici, fasi queste che avvengono per via microbiologica.

Per valutare l'idoneità agronomica del compost non meno rilevanti risultano i parametri *fisici*, in particolare nella preparazione di substrati colturali; le loro qualità fisiche danno una misura della capacità di fornire, in maniera opportuna, acqua e aria alle radici delle piante ed ai microrganismi del suolo.

Nell'ambito delle numerose attività di ricerca e sperimentazione sull'utilizzo agricolo dei rifiuti, l'Assessorato per l'Ambiente della Regione Piemonte ha considerato la messa a punto di specifiche metodologie di analisi dei compost e dei RSU come fattore pregiudiziale alle scelte di programmazione e alla verifica della funzionalità degli impianti di trattamento.

Tutte le metodologie analitiche sono riportate in un volume (METODI DI ANALISI DEI COMPOST - Collana Ambiente, 6) e rappresentano il frutto delle attività di ricerca promosse

dall'Assessorato e della pluriennale esperienza nel settore degli Istituti che hanno curato la redazione scientifica del testo.

In questo volume sono riportati molto dettagliatamente i metodi analitici di tipo chimico, fisico, biologico e microbiologico predisposti dall'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente e dal Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agro-Forestali dell'Università di Torino.

Tali metodi sono stati messi a punto e verificati su numerosi compost prodotti a livello regionale e nazionale e consentono di caratterizzarli, di valutarne le qualità e soprattutto di dare un giudizio su come è avvenuto il processo di compostaggio, sia per quanto riguarda l'efficacia della selezione dei rifiuti, sia per la qualità della trasformazione biologica e della raffinazione.

Questo volume può fornire un valido contributo agli operatori del settore, in particolare agli Istituti di ricerca ed alle Amministrazioni pubbliche addette al controllo.

5.0 MATERIA PRIMA

Non esiste una definizione della materia prima, in quanto il compostaggio permette lo smaltimento di tutte le frazioni organiche non altrimenti utilizzate; la possibilità di mescolanza di rifiuti diversi rappresenta un vantaggio per tale processo che permette di smaltirli tutti senza particolari dipendenze da alcuno di essi.

E' invece importante poter definire l'origine della materia prima poiché il compostaggio avviene solo su substrati poligenici (miscela di prodotti di origine diversa) e, soprattutto, creare le condizioni per la cooperazione tra la vasta gamma di microorganismi coinvolti nel processo; è indispensabile che ognuno sia in grado di agire, in maniera complementare, nell'uso di tutte le frazioni del substrato e/o dei cataboliti degli altri microorganismi.

Per questo motivo residui di origine singola vanno opportunamente miscelati al fine di garantire un substrato ottimale alla flora microbica così ricca e varia; risultano basilari, le modifiche apportate al substrato sulla base dei rapporti C/N, N/P ed N/K.

La materia utilizzabile per il compostaggio comprende gran parte dei residui o sottoprodotti della coltivazione, commercializzazione o trattamento industriale di prodotti agricoli, florovivaistici e forestali; inoltre ai prodotti agro-industriali si possono assimilare anche i rifiuti di alcune industrie farmaceutiche o biotecnologiche che residuano grandi quantità di biomasse.

5.1 Produttori di rifiuti organici e scelta delle matrici compostabili

Le sorgenti produttrici di scarti organici possono essere raccolte in due grandi gruppi: quelle derivanti da insediamenti di tipo civile e quelle agroindustriali.

Mentre le prime si riscontrano in tutti gli ambiti locali, le altre sono attive solo in determinate zone dove si evidenzia una notevole attività agricola specializzata.

Gli insediamenti di tipo civile più rappresentativi sono le mense e tutti i servizi atti alla ristorazione collettiva.

E' stato dimostrato (G. Ferrari e all., 1994) che da ogni pasto servito sono prodotti circa 250-300 grammi di scarti a prevalente matrice organica che, opportunamente raccolti e trattati, possono garantire la produzione di compost di qualità.

Altra fonte di produzione di rifiuti organici é rappresentata dall'attività alberghiera particolarmente sviluppata in alcune zone ed in determinati periodi dell'anno. Essendo la quantità di rifiuti prodotta variabile, molte aziende municipalizzate hanno realizzato impianti di compostaggio che trattano in alcuni periodi scarti di produzione alberghiera e in altri rifiuti provenienti da mercati all'ingrosso degli ortaggi e da altre fonti agroindustriali.

Un'altra fonte di rifiuti organici biodegradabili é quella derivante dalla gestione dei giardini privati e pubblici. I rifiuti verdi sono costituiti da sfalci, patate e foglie e rappresentano la frazione organica più pregiata tra quelle che finiscono mescolate ai rifiuti solidi.

Anche in questo caso bisogna tener presente la periodicità di produzione dei rifiuti legnosi che, preferibilmente triturati, possono essere miscelati alle altre matrici una volta inviati all'impianto.

Un altro buon substrato per il compostaggio é rappresentato dai fanghi provenienti dalla depurazione biologica delle acque civili, di quelli dell'industria agroalimentare, di quella cartaria

e di alcune altre categorie produttive; per la loro consistenza omogenea, essi si prestano facilmente ad analisi accurate permettendo di indirizzare in agricoltura materiali stabili e privi di patogeni.

L'operazione fondamentale nel recupero dei rifiuti organici è la caratterizzazione delle matrici (quantità e tipologia degli scarti) che dovranno essere inviate all' impianto.

Come precedentemente indicato, le tipologie di rifiuto che, per le loro caratteristiche riguardo il valore di umidità e di rapporto carbonio azoto, possono garantire la produzione di compost di qualità sono:

- materiali fangosi che presentano un alto contenuto in acqua (solitamente superiore al 80%) e un basso rapporto carbonio azoto (<10);
- scarti agroindustriali e di mensa caratterizzati da un umidità compresa tra il 65 e il 75% e un rapporto C/N tra 20 e 30;
- rifiuti derivanti dalla manutenzione del verde che presentano una bassa umidità ed un elevato contenuto in carbonio.

Da varie esperienze effettuate in diversi impianti, si evince che il substrato più idoneo per ottenere un buon compost deve avere un umidità non superiore al 65% ed un C/N compreso tra 30 e 35 (G. Ferrari, L. Prati, 94).

Le matrici e le loro quantità dovranno essere scelte in modo tale che la loro miscelazione permetta di avere un substrato dalle caratteristiche soprascritte e che la successiva verifica analitica consenta di definire il prodotto ottenuto come compost di qualità; tutte le matrici in questione devono essere analizzate per determinarne la concentrazione dei principali metalli pesanti, prima di poter essere accettate nell'impianto.

Da non sottovalutare la periodicità di produzione di alcuni tipi di rifiuti come gli scarti derivanti dalla potatura delle piante, particolarmente abbondanti in autunno, mentre gli sfalci erbosi in primavera-estate; questi fattori determinano le caratteristiche (qualitative e quantitative) del substrato da inviare al compostaggio; la scelta delle matrici è correlata inoltre alla tipologia dei mezzi a disposizione per la raccolta e alle varie strutture disponibili nell'ambito dell'intervento.

Nella tabella seguente (G.Ferrari, L.Prati, 1994) sono riportati i principali rifiuti organici da considerare in un programma di raccolta differenziata per la produzione di un compost di qualità;

Scarti di mensa	Gusci di uova	Borlande di distilleria
Eccedenze di frutta	Scarti di macellazione	Melme di defecazione
Scarti di ortaggi	Interiora di volatili	Fanghi fibre di cellulosa
Bucce e fibre di frutta	Scarti di macello ovino	Carta e cartone
Ritagli di dolci	Scarti di macello bovino	Sfalci d'erba
Bucce di patate	Alimenti scaduti	Potature di albero
Scarti di pasta	Fanghi da agroindustria	Scarti di pesce
Scarti di pasta all'uovo	Fanghi biologici	Imballi di legno
Ritagli di formaggi	Graspi e vinacce	Rifiuti mercatali
Ritagli di carni insaccate	Sanse esauste	Scarti di fiori e piante
Composta esausta da fungaia	Deiezioni animali	Residui industria legno

inoltre viene riportato un elenco, seppure parziale, indicativo dei prodotti più disponibili (C.E.S.T.A.A.T., 1990);

residui legnosi derivati dalla lavorazione del legno; questo materiale si ottiene a costi ridotti ed é caratterizzato da un contenuto di umidità generalmente basso (20-40%). Nel caso in cui questi prodotti non vengano utilizzati altrimenti, possono essere impiegati utilmente nel compostaggio cui forniscono la base carboniosa; tali residui inducono la formazione di compost con elevate concentrazioni di acidi fulvici.

Paglia o pula : essendo costituiti in gran parte da sostanza secca, costituiscono il supporto per materiali liquidi o collassanti in considerazione dell'alta affinità con l'acqua (la paglia infatti assorbe fino all' 85% di umidità). La paglia dei cereali costituisce uno dei più abbondanti sottoprodotti delle colture agrarie con 7,78 milioni di tonnellate potenzialmente recuperabili; attualmente la paglia viene sfruttata per alimentare animali e preparare lettiere; in zone a ridotta zootecnia essa viene interrata o combusta. La più disponibile é la pula di riso utilizzabile nella preparazione di substrati per vivaismo, in sostituzione della torba.

Residui del mais da granella : attualmente circa il 40-50% del totale raccogliibile viene utilizzato come lettiere o anche come alimento per bovini da carne.

Sansa ed acque di vegetazione : rappresentano i prodotti residui della lavorazione delle olive che possono essere inviati al compostaggio anche se cautamente in quanto i contenuti fenolici in esse presenti, inibiscono i processi metabolici umificativi della sostanza organica (aumentando i tempi necessari ad effettuare il compostaggio).

Raspi : contengono sostanza secca e sono solitamente disponibili, a costo zero, nelle industrie di vinificazione; essi favoriscono il compostaggio nonostante siano un materiale molto fibroso,.

Residui colturali

Residui della barbabietola da zucchero : residui ad alto contenuto in acqua (che ne rende difficile la conservazione) e in sali minerali (che ne limitano l'uso nell' alimentazione degli animali); vengono generalmente interrati in quanto sono dotati di un elevato potere fertilizzante.

Residui della patata : presentano discrete proprietà nutritive ed un tenore proteico apprezzabile; non vengono sfruttati nell'alimentazione animale per la presenza di un alcaloide tossico (la solanina), di residui degli anticrittogamici e degli insetticidi che sono abbondantemente utilizzati sulle colture anche in prossimità della raccolta dei tuberi.

Residui del tabacco : allo stato attuale l' intera massa viene lasciata in campo ed interrata; i residui (foglie e stocchi) rappresentano circa il 50% del peso totale della pianta.

Residui del girasole : essendo ricchi di fibra sono sconsigliati come alimento animale ma, se interrati, possiedono un buon potere fertilizzante.

Residui delle leguminose da granella : anch'essi sono poco utilizzati nell'alimentazione animale; considerando il contenuto relativo di azoto che li caratterizza, hanno un buon potere fertilizzante.

Residui della soia : negli ultimi anni la produzione di soia e dei relativi residui sono nettamente raddoppiati ma contemporaneamente non vi è stata sensibilizzazione al recupero di questi ultimi.

Residui delle colture ortive protette : queste colture generano abbondanti residui che sono asportati dalle serre sotto forma di piante intere che una volta essiccate vengono bruciate; in questo modo la sostanza organica non è recuperabile. Data la loro abbondanza e varietà, questi materiali possono costituire un ottimo substrato organico per il compostaggio.

Residui di vivaio : sono costituiti da residui di coltivazione o potatura, piante sotto-taglia, prodotti invenduti, ecc...e sono particolarmente abbondanti negli allevamenti vivaistici e floricoli; costituiscono un substrato per patogeni e parassiti per cui sono temuti e quindi allontanati dai produttori.

Residui di potatura : residui particolarmente abbondanti che in passato venivano bruciati; attualmente, grazie a macchine trinciatrici, il materiale tagliuzzato viene lasciato in campo, impoverendo ulteriormente i nostri suoli (in mancanza di una fertilizzazione organica aggiuntiva) poiché tendono a ridurre l'umificazione; gli stessi residui, umificati e compostati, costituiscono invece un ottimo fertilizzante.

Residui di parchi, giardini e cimiteri : costituiscono una frazione molto grande della sostanza organica di rifiuto portata in discarica; negli USA essi ammontano al 35% dei RSU mentre in Italia la loro quantità può essere stimata a circa il 5-10%.

Residui solidi di mercati ed industrie ortofrutticole e floricole : sono caratterizzati da varietà ed abbondanza di materiali ma anche da un alto contenuto di umidità (75-85%); richiedono pertanto costi notevoli per la raccolta ed il trasporto già prima che raggiungano l'impianto.

Residui di fungaia : sono reperibili a costo zero perché considerati pericolosi nella fungaia dove costituiscono un substrato ideale per la incubazione delle malattie dei funghi; per il compostaggio rappresentano un ottimo materiale nonostante l'elevato contenuto di umidità (circa il 50%).

Residui di stalla e di allevamenti animali : sono residui ad alto contenuto in N e P e se sottoposti a compostaggio producono un compost ad elevate caratteristiche fertilizzanti. Anche per il letame (65-75% di umidità) il costo di acquisto e di trasporto è ridotto. Per i fanghi del lavaggio delle aree di stabulazione (maiali e bovini) è consigliabile l'uso solo se il contenuto in sostanza secca è compatibile con i costi di trasporto; per prodotti liquidi si

propone la concentrazione (prima del trasporto) mediante filtrazione su appositi filtri organici essi stessi compostabili.

Residui di macellazione : presentano un notevole contenuto proteico ed una elevata percentuale in acqua; richiedono uno smaltimento giornaliero poiché tendono a dare origine a putrefazione.

Residui di conceria : sono utilizzabili nella preparazione di ammendanti organici solo se derivati da trattamenti di concia al tannino mentre vanno esclusi quelli da trattamento al cromo; infatti il cromo trivalente é controllato omeostaticamente dall'intestino dei mammiferi; quando viene trasferito al terreno diventa esavalente in presenza del ferro e del manganese ed é in queste condizioni che diviene tossico (poiché non pi controllabile omeostaticamente).

Fanghi di industrie alimentari o farmaceutiche (formazione di biomasse): rappresentano un substrato ricco per il compostaggio. Sono residui ricchi in contenuto minerale ma carenti per quanto concerne il contenuto secco (4-12%). I residui inertizzati con calce e simili vanno eliminati in quanto inibirebbero la fase di stabilizzazione biologica.

5.2 Compost da RSU

E' ormai stato ampiamente dimostrato dai tecnici operanti nel settore, che la qualità del compost é condizionata esclusivamente dai materiali di partenza per cui, l' esigenza di ottenere un prodotto finale di alta qualità, può essere soddisfatta solo utilizzando determinate materie prime.

Gli Enti Pubblici in generale (comuni, aziende municipalizzate, soggetti preposti allo smaltimento) considerano il compostaggio come un metodo di smaltimento dei rifiuti provenienti da raccolta indifferenziata; in questo caso il processo si riduce ad un semplice trattamento preventivo per la collocazione in discarica dei residui organici che, essendo ormai stabilizzati, riducono problemi di ordine ambientale e gestionale.

Il compostaggio da raccolta indifferenziata presenta infatti i seguenti vantaggi:

- stabilizza la componente organica che può essere utilizzata per recuperi ambientali (di discariche, zone calanchive e per risanamenti), come fonte di fertilità e per la realizzazione di letti caldi (nel vivaismo) come fonte di energia termica (che si sviluppa nella fase termofila);
- riduce la biomassa originaria del 60% in peso circa per evaporazione dell'acqua, perdita di anidride carbonica e azoto in forma ammoniacale (15-20% sul totale);
- produce compost di qualità scadente ma buono dal punto di vista ambientale. È collocabile in discarica dove evita il rilascio eccessivo di odori sgradevoli; infatti anche se di pessima qualità, il compost ha la capacità di depurare biologicamente l' aria sottraendo i composti gassosi responsabili di cattivi odori.

La qualità del compost prodotto dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani selezionata a valle della raccolta é messa in dubbio dall'eventuale presenza di materiali inquinanti quali pile e batterie esaurite, rifiuti "chimici urbani" e rifiuti speciali smaltiti abusivamente.

In fig. 5.1 è riportato un possibile schema di impianto di compostaggio di RSU con un ciclo tecnologico piuttosto complesso.

Altri problemi, che contribuiscono ad alimentare questo scetticismo, riguardano la salinità, il contenuto in vetro ed in plastica ecc.....;

questo comporta il mancato raggiungimento di quello che é l' obiettivo principale del compostaggio e cioè l' ottenimento di un prodotto di ottima qualità e di facile collocazione sul mercato agricolo; si ricorda che in Italia la importazione di prodotti compostati di buona qualità é stimata intorno a 600 mld/anno.

Come soluzione al problema si pongono la raccolta differenziata ed il successivo trattamento in impianti tecnologicamente avanzati; sono questi i requisiti essenziali che permettono di riqualificare il compost da RSU.

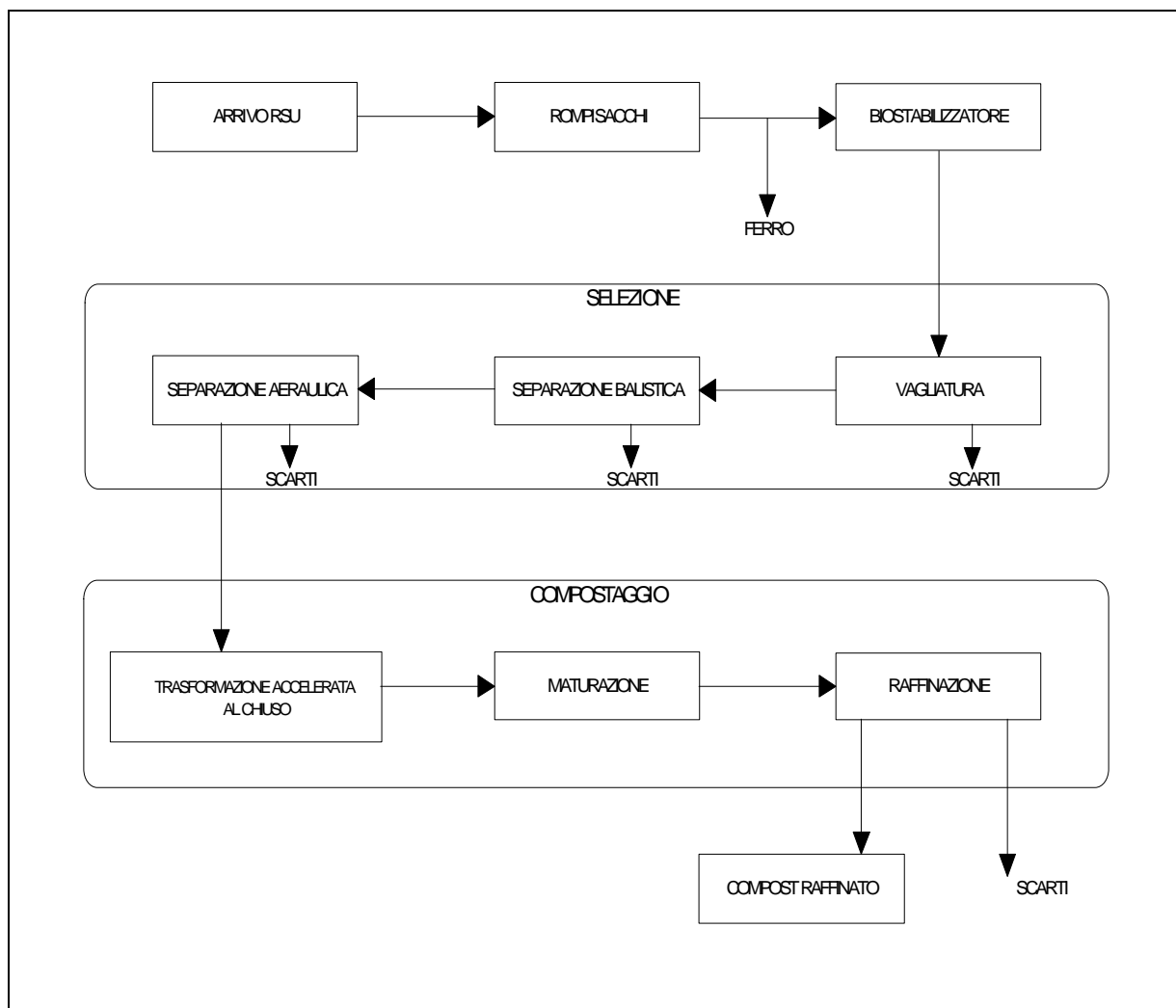


Fig. 5.1 - Schema di un impianto di compostaggio per la frazione organica dei RSU separata a valle della raccolta.

Dalla fossa i rifiuti vengono inviati ad un rompisacchi e ad un biostabilizzatore. Tale apparecchiatura permette una omogeneizzazione del rifiuto in presenza di aria, con il conseguente avvio della trasformazione delle sostanze più putrescibili. Successivamente si effettua una vagliatura, avente lo scopo di separare la frazione secca (combustibile) da inviare alla linea di RDF. Il materiale rimanente subisce ulteriori selezioni (balistica, aerolica...) al fine di eliminare le notevoli quantità di inquinanti ancora presenti. Dopo tali separazioni il materiale subisce una fase di trasformazione accelerata al chiuso, con controllo degli odori, e quindi una successiva fase di maturazione. Il compost viene infine raffinato per eliminare il vetro e la plastica ancora presenti (R. Barberis, 1994).

Ma a tutt'oggi il compostaggio abbinato alla selezione é utilizzato solo come trattamento preliminare per la collocazione di determinati rifiuti in discarica.

Come precedentemente descritto, numerose sono le matrici che raccolte in forma differenziata potrebbero essere trattate anziché essere avviate in discarica o all' incenerimento.

Per poter programmare in modo corretto il recupero della sostanza organica putrescibile, bisogna tener presente una serie di fattori che, in relazione al territorio dove si opera, garantiscono il raggiungimento dei seguenti obiettivi: garanzie igienico sanitarie, salvaguardia dell'ambiente, gestione corretta delle risorse, commercializzazione dei prodotti ottenuti e migliore economia nello smaltimento dei rifiuti.

Tutte le attività devono essere pianificate, calandole nel territorio interessato e devono quindi considerare i seguenti aspetti:

- *individuare le strutture che producono determinati rifiuti,*
- *tipizzare le matrici organiche e verificarle analiticamente (aspetti agronomici ed ecotossicologici),*
- *conoscere gli aspetti economici e sociali del territorio in cui si opera,*
- *individuare un probabile mercato,*
- *scegliere l'impianto più adeguato.*

Bisogna soffermare l'attenzione su quest' ultimo requisito in quanto la opportuna progettazione di un impianto di compostaggio insieme alla selezione a monte dei rifiuti, é alla base del successo di questa tecnica per il recupero di materiale organico dai RSU.

Da qualche anno il settore impiantistico é stato caratterizzato da una vera rivoluzione tecnologica e a strutture complesse e costose sono subentrate altre più semplici e funzionali; hanno costituito aspetti secondari la qualità e la vendita del compost fino a quando, nell'arco di un decennio, si é avuto il fallimento di un buon numero di impianti con conseguente loro chiusura.

Recentemente tale settore ha fatto registrare un nuovo sviluppo, semplice dal punto di vista strutturale e concepito in modo tale da garantire la salvaguardia dell'ambiente circostante; esso permette il monitoraggio in continuo del processo, la biofiltrazione dei gas prodotti durante le reazioni biologiche ed è inoltre dotato di sistemi di captazione del percolato e delle acque di trascinarsi.

L' impianto che tratta i rifiuti organici raccolti in modo selezionato paragonato a uno di tipo tradizionale (trattamento RSU tal quali) a parità di produzione richiede minore energia e personale con conseguente diminuzione dei costi di esercizio.

Le tabelle seguenti confrontano le caratteristiche tecniche ed economiche di un impianto di nuova generazione, che tratta rifiuti raccolti in modo differenziato, con quelle di un impianto tradizionale di compostaggio.

Caratteristiche	Impianto tradizionale	Impianto nuova generazione	Unità di misura
Potenzialità	100	100	t/giorno
Costo investimento	10.000.000.000	2.500.000.000	lire
Energia richiesta	700	250	kW
Lavoratori	5	2	numero
Costi operativi	1.800.000.000	450.000.000	lire
Costi annuali d'esercizio (r 0,08)	3.300.000.000	820.000.000	lire n=10
Produzione compost	4.500	8.000	t/anno
Produzione sovralli	12.000	3.200	t/anno
Energia richiesta per t di compost	35	7,5	kWh/t
Prezzo vendita compost	2.000	20.000	lire/t
Costi trattamento rifiuto	92.000	23.000	lire/t
Costi per la raccolta	100.000	140.000	lire/t
Costi totale gestione rifiuti	192.000	163.000	lire/t

Attività	Impianto tradizionale	Impianto nuova generazione
Costruzione	Complessa	Semplice
Macchinari	Numerosi	Pochi
Qualità sostanza organica	Insufficiente	Buona
Analisi rifiuti	Difficoltosa	Facile
Qualità del compost	Povera	Buona
Mercato del compost	Scarso	Alto
Costi	Alti	Bassi
Costi raccolta rifiuti	Medi	Alti
Costi operativi	Alti	Bassi

(G. Ferrari, L. Prati, 1994)

5.2.1 Criteria per un “compost di qualità” da RSU e caratteristiche del prodotto finale

Si è già parlato dell'importanza del compostaggio ai fini dell'utilizzo agricolo dei rifiuti, di come permetta di riqualificare la sostanza organica contenuta nei RSU, di come sia in grado di stabilizzarla in modo da garantire un prodotto privo di microorganismi patogeni. Sono stati altresì approfonditi gli aspetti biochimici e microbiologici, tuttavia, numerose sono le problematiche ancora aperte inerenti lo smaltimento dei rifiuti mediante i sistemi di compostaggio o più precisamente connesse con il ciclo completo di raccolta, selezione, maturazione, raffinazione e distribuzione.

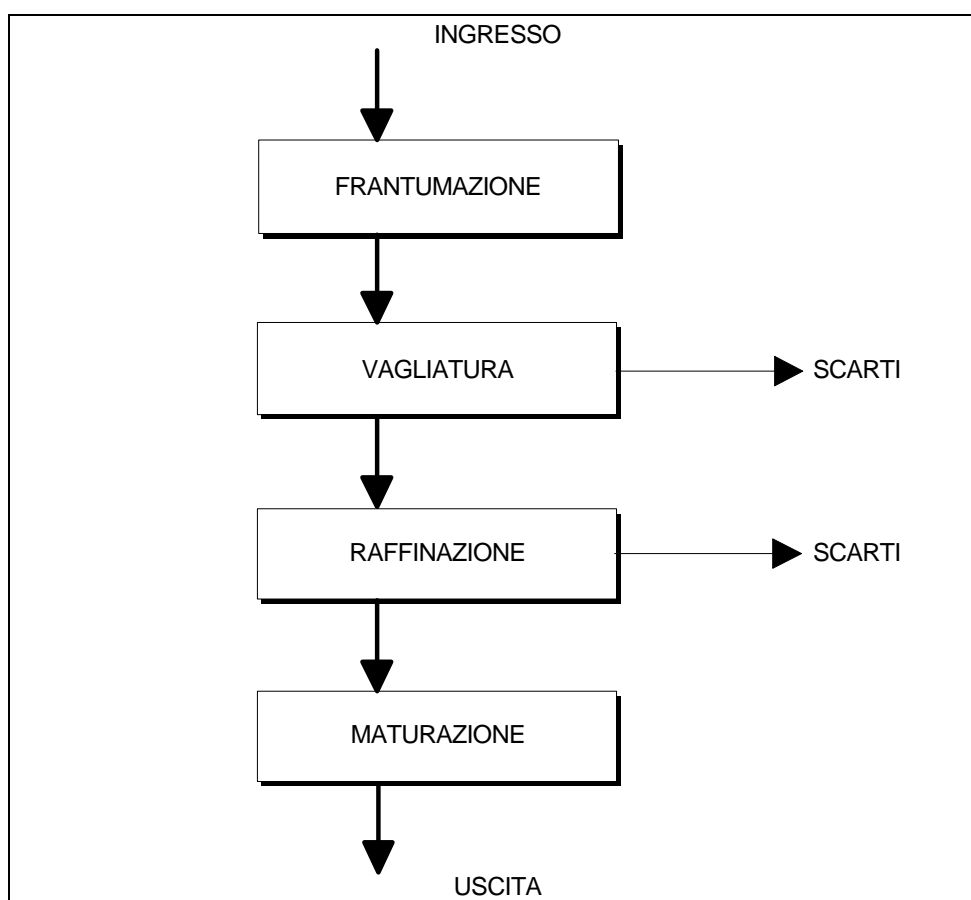


Fig. 5.2 - (E. Cini, A. Cioni, G. Maracchi, 1988)

(In figura 5.2 è riportato uno schema semplificato che illustra le operazioni fondamentali che si svolgono in un generico impianto di compostaggio).

Per ottenere un prodotto finale di qualità garantita è opportuno seguire alcuni criteri che, in definitiva, mostrano come gli aspetti biochimici-microbiologici del compostaggio siano complementari a quelli tecnico-economici dello stesso. Infatti:

- è consigliata la scelta di questo sistema di trattamento rifiuti nel caso in cui sia individuata l'utenza agricola nel raggio di poche decine di chilometri dall'impianto;
- è opportuno organizzare in maniera accurata la raccolta dei RSU poichè la qualità del prodotto finale è influenzata dalla tipologia di quello in ingresso all'impianto; sono da inviare al compostaggio rifiuti urbani a matrice organica da raccolta differenziata a monte dell'impianto mentre sono da escludere i rifiuti urbani tal quali;
- è necessario tener presente la situazione socio-economica e il tipo di attività lavorative del comprensorio in cui si opera, in quanto esse caratterizzano le componenti dei RSU; dovendo agire nel rispetto delle condizioni ottimali impiantistiche, è importante prendere in considerazione degli accorgimenti nella fase di selezione e raffinazione in particolar modo nei casi in cui non sia effettuata una raccolta differenziata di RSU (casi in cui rifiuti classificabili come tossici e nocivi, si ritrovano all'ingresso degli impianti di compostaggio).

Dalla selezione e dal tipo di compost che si vuole ottenere dipende la raffinazione in quanto più è spinta tanto più risulta costosa in termini energetici e gestionali; quindi è preferibile limitarsi ad economiche ed affidabili linee di selezione e raffinazione effettuando la raccolta differenziata a monte dell'impianto;

- è da ricordare, ai fini della qualità del compost, il co-compostaggio di vari rifiuti a matrice organica di buona qualità come: fanghi di depurazione delle acque reflue urbane, fanghi da industrie agro-alimentari, cartarie, farmaceutiche e altri scarti di produzione industriale, commerciale agricola a matrice organica, residui ligno-cellulosici;

è opportuno protrarre le due fasi del compostaggio: la bioossidazione per un periodo di almeno 20 giorni e la maturazione per un periodo di almeno 45; è necessario inoltre rispettare rigorosamente tutti i principi teorici che stanno alla base del compostaggio (anche se abbastanza semplici) durante l'intero processo prima di poter valutare il prodotto;

- i criteri di valutazione di quest'ultimo sono molteplici e sono sempre considerati in relazione al tipo di impiego a cui il compost è destinato anche se, in generale, alcuni parametri (come di seguito riportati) sono fondamentali ai fini della qualità del prodotto ottenuto;
- *un compost di qualità da RSU* deve essere nell'aspetto, nel colore e nella consistenza simile a terra rimossa e come quest'ultima deve essere privo di odori sgradevoli;
- deve essere privo di agenti patogeni in modo da garantire condizioni di massima sicurezza dal punto di vista ambientale e igienico-sanitarie per coloro che lo utilizzano;
- deve presentare un ridotto contenuto di inerti come plastiche e vetro la cui presenza è dovuta alla triturazione dei RSU effettuata in molti impianti come primo trattamento; essi rappresentano uno dei principali fattori limitanti la sua commercializzazione in quanto oltre a renderne rischiosa la manipolazione (per la presenza di schegge di vetro o pezzi metallici), danneggiano l'aspetto esteriore del prodotto;
- deve essere opportunamente stabilizzato, requisito indispensabile sia per lo stoccaggio sia per il suo uso agricolo; è necessario che le fasi di bioossidazione e umificazione del materiale siano sottoposte a controllo continuo affinché il processo sia completo; in caso contrario, la

stabilizzazione biologica riprenderebbe direttamente nel terreno con conseguenti problemi di fitotossicità per le colture;

- deve presentare una elevata percentuale di sostanza organica (anche se il rapporto C/N non deve superare i limiti previsti) ed un determinato contenuto in elementi fertilizzanti (in particolare N, P, K) per essere considerato agronomicamente valido;
- deve essere privo di metalli pesanti (in particolare Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr), o più esattamente, quest'ultimi non devono raggiungere livelli preoccupanti soprattutto nei casi di co-compostaggio della frazione organica solida con fanghi (specialmente se di origine industriale); quantità incontrollate di questi elementi ne comportano accumulo nel terreno (con conseguente rischio di inquinamento delle falde sotterranee) e trasporto lungo la catena alimentare.

In base a quanto esposto, risultano le difficoltà oggettive nel produrre “compost di qualità da RSU”; con tale terminologia si identifica un ammendante organico di cui deve essere garantita la qualità ambientale e quella agronomica in quanto deve essere privo di composti potenzialmente inquinanti ma dotato di tutte quelle caratteristiche fisico-chimiche che ne attestano la validità; inoltre la qualità agronomica del compost non è definibile in modo univoco, ma ogni tipologia di impiego (come substrato, in pieno campo, in pacciamatura, ecc..) richiede per i vari parametri determinati valori ottimali che spesso possono essere tra loro diversi. Per questo motivo è sempre consigliata una dettagliata verifica prima dell'utilizzo del prodotto, soprattutto se in dosi elevate e concentrate nel tempo.

Ai fini di valutazione complessiva delle caratteristiche analitiche ed agronomiche dei compost può essere utile un quadro di confronto (vedi tabella 5.1) tra alcune tipologie di prodotti del compostaggio e i fertilizzanti organici di impiego agricolo diffuso quali letame, pollina e torba; vengono riportati inoltre valori relativi a una serie considerevole di materiali analizzati e le caratteristiche analitiche delle seguenti tipologie di compost:

- compost RSU: ottenuto dalla frazione organica dei RSU separata meccanicamente a livello di impianto;
- compost CF: ottenuto da fanghi urbani in miscela con residui ligno-cellulosici (cortecce, segatura, graspi d'uva, scarti di potatura, ecc...);
- compost RD: ottenuto da biomasse di scarto o di rifiuto selezionate a monte dell'impianto di compostaggio.

Tenendo presente i vari tipi, caratteristiche, dosi e ambiti di impiego, dal quadro analitico emerge l'assoluta idoneità dei compost come valida alternativa a letame, torba e pollina di uso più comune.

In questi ultimi anni si sono succedute diverse proposte normative atte alla definizione di un compost di qualità da incentivare come produzione, uso e commercializzazione alla stregua di qualsiasi altro ammendante organico; nessuna di tali proposte è stata però tradotta in legge per cui la legislazione italiana, in materia di compostaggio, è ancora ferma alle norme attuative del D.P.R. 915/82 ed a quanto riportato dalla L.N.748/84 sui fertilizzanti.

Tipo di materiale	Compost RSU	Compost CF	Compost RD	Letame	Pollina	Torba	Limiti DPR 915/82
Numero campioni	9	8	4	7	7	5	
Umidità % t.q.	30,0	57,1	45,7	72,3	42,3	68,1	< 45,0
pH 1/5	7,92	7,36	7,98	8,38	8,47	6,04	6,0-8,5
C.E.S.µS/cm 1/5	3533	1442	2795	2424	6851	636	
Sostanze volatili % s.s.	47,2	60,9	48,4	71,8	65,6	73,2	
Carbonio organico % s.s.	22,0	31,7	23,5	36,7	33,0	37,5	
Sostanza organica % s.s.	38,0	54,6	40,5	63,2	56,8	64,6	> 40,0
C/N	17,8	17,4	12,8	18,8	11,9	35,0	< 30,0
Tasso di umificazione %	20,0	17,0	24,9	21,3	19,5	18,7	
Acidi umici /Acidi fulvici	0,86	1,17	1,56	1,45	0,61	2,21	
Indice d'umificazione %	8,9	8,9	14,8	12,8	7,3	12,8	
Azoto % s.s.	1,27	1,92	1,90	1,93	3,13	1,26	> 1,00
Fosforo P ₂ O ₅ % s.s.	0,76	2,04	1,54	1,73	4,53	0,19	> 0,50
Potassio K ₂ O % s.s.	0,64	0,82	0,67	1,78	3,11	0,20	> 0,40
Calcio CaO % s.s.	9,29	8,20	9,58	7,87	8,19	3,29	
Magnesio MgO % s.s.	2,06	1,21	0,86	0,93	1,09	0,74	
Ferro % s.s.	1,60	0,57	0,64	0,37	0,16	0,49	
Boro mg/Kg s.s.	68	29	24	31	31	14	
Manganese mg/kg s.s.	442	207	175	292	796	79	
Rame mg/kg s.s.	451	198	97	54	280	29	< 600
Piombo mg/kg s.s.	687	86	134	32	23	15	< 500
Cadmio mg/kg s.s.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	< 10
Zinco mg/kg s.s.	1321	640	451	245	550	92	< 2500
Nikel mg/kg s.s.	138	30	25	10	9	37	< 200
Cromo mg/kg s.s.	310	38	50	30	16	89	< 510
Indice di germinazione %	52	88	85	74	71	82	

Tab. 5.1 - Caratteristiche analitiche di ammendanti diversi (G. Zorzi et all., 1992).

5.2.2 Il problema metalli pesanti

I metalli pesanti rappresentano uno dei parametri fondamentali per la valutazione della qualità del compost; quantità sostenute di questi elementi ne pregiudicano l'uso agronomico poichè non soggetti a biodegradazione, tendono a persistere ed accumularsi arrecando contaminazione a carattere irreversibile al suolo interessato.

Le principali sorgenti di metalli pesanti nei RSU sono rappresentate da pile (mercurio, cadmio e zinco), pellame (cromo), vernici (cromo, piombo e cadmio), plastiche (cadmio), carta (piombo) e cosmetici (cadmio e zinco); il loro diverso contenuto può essere dovuto ai seguenti fattori: diversa industrializzazione della zona di raccolta, diversi metodi di raccolta dei RSU, diversi sistemi usati per la preparazione della sostanza organica da compostare, diversi metodi analitici.

Molti metalli pesanti presenti negli ecosistemi naturali in quantità limitate, svolgono funzioni essenziali per la vita animale e vegetale fino a quando la loro concentrazione negli organismi viventi è ridotta; nel momento in cui oltrepassano determinati limiti diventano automaticamente tossici, soprattutto quelli che possono entrare nella catena alimentare.

Il problema metalli pesanti si accentua se solo si pensa che molti processi produttivi ne richiedono la presenza e parallelamente aumenta la possibilità di una loro dispersione nell'ambiente; i più direttamente esposti a questa eventuale contaminazione sono i terreni agrari in genere; inoltre i tentativi di migliorare i raccolti, hanno comportato in agricoltura un lievitato utilizzo di fertilizzanti e pesticidi che contengono questi elementi come impurezze. Ulteriori apporti al terreno provengono dall'utilizzo di residui di varia natura, ad esempio le biomasse di riciclo (come fanghi e compost) che, oltre ad elementi di fertilità, contengono anche questi elementi metallici spesso in quantità superiori alla normale dotazione dei terreni agrari (Tab.5.2); in questo caso si raggiungono facilmente quella soglia di valori oltre la quale vengono compromesse la fertilità del suolo e la catena alimentare.

Tab. 5.2 - Forme chimiche dei metalli pesanti nel terreno (G. Petruzzelli, 1992).

- a) ioni semplici o complessi nella soluzione del terreno,
- b) ioni scambiabili,
- c) legati alla sostanza organica,
- d) occlusi o coprecipitati con ossidi carbonati e fosfati o altri minerali,
- e) ioni nei reticoli cristallini dei minerali primari.

Le prime tre forme chimiche sono quelle disponibili per la nutrizione vegetale.

Dal punto di vista ambientale è importante considerare in quale forma chimica si presentano i metalli pesanti nelle biomasse: come sali (carbonati, solfiti ecc.), legati a sostanze organiche, o in forma adsorbita o scambiabile. Per quanto riguarda il compost è importante inoltre considerare la distribuzione di questi elementi anche nelle diverse frazioni fisiche; è stato dimostrato (G.Petruzzelli, 1992) che la più alta concentrazione di metalli pesanti si riscontra nella frazione più fine <1mm (Tab.5.3) e che il loro inserimento nella catena alimentare è condizionato da pH, potenziale redox, sostanza organica, capacità di scambio cationico, regimi idrico e termico del suolo, fattori che influenzano la loro solubilità e mobilità ambientale.

Tab. 5.3 - Distribuzione dei metalli in diverse frazioni fisiche di un compost. I dati sono espressi in mg /kg (G. Petruzzelli, 1992).

Metallo	Frazione fisica			
	T	F2	F1	F0
Pb	411	344	432	615
Cu	160	138	154	187
Zn	282	238	302	360
Cd	3,7	3,4	3,5	4,6
Ni	26,6	22,7	29,9	36,0
Cr	67,0	58,3	67,6	86,2

T=totale, F2 frazione >2mm, F1 frazione >1mm, F0 frazione <1mm

Per questo motivo, la pericolosità ambientale dei metalli pesanti va valutata in relazione alla loro reattività nel terreno (trattato con compost) che a sua volta modifica la disponibilità di questi elementi nei confronti dei vegetali; conoscendo la quantità assimilabile dei metalli pesanti contenuta nel terreno, si può determinare la loro mobilità e assimilabilità da parte dei vegetali e valutare quindi l'eventuale rischio per la catena alimentare; test chimici e biologici permettono di effettuare queste verifiche (estrazione chimica per la determinazione dei metalli presenti, prove in vaso per conoscere la quantità di metalli assorbita dalle piante e la loro concentrazione); risultano inoltre particolarmente indicate le prove in pieno campo per studiare gli effetti da accumulo di questi elementi sul terreno (anche se dall'esame di un cospicuo numero di dati di letteratura si evince che sono le caratteristiche del terreno a determinare la quantità di metalli pesanti che si accumulano in seguito al trattamento con compost). E' possibile definire (G.Petruzzelli,1992) un indice di accumulo:

$$A = \frac{M_w - M_p}{M_w} \cdot 100$$

dove M_w è la quantità totale di metalli pesanti aggiunti ed M_p la quantità asportata ogni anno dalle piante cresciute sul terreno trattato. Questo indice che riflette la percentuale di metalli che rimane nel terreno, varia in funzione del metallo e delle caratteristiche del terreno. La quantità di metalli pesanti assorbita dalle piante M_p dipende ovviamente dalla specie vegetale coltivata e notevoli differenze sono riscontrabili tra le diverse specie e nelle diverse parti delle piante.

Per una analisi a lungo termine dell'accumulo dei metalli pesanti nel terreno, oltre alla caratteristica del suolo e alla specie vegetale che viene coltivata, è indispensabile considerare anche la quantità di questi elementi che vengono aggiunti in seguito all'uso di biomasse (compost e/o fanghi); è stato proposto un semplice modello matematico espresso dalla equazione differenziale:

$$\frac{dC}{dt} = Q - fC$$

dove Q è la quantità di metallo aggiunto ogni anno con le biomasse g/ha/anno; C è la concentrazione di un certo metallo nel terreno generalmente espresso in g/ha; t è il tempo espresso in anni e f è un coefficiente di assorbimento della pianta che viene espresso in anni^{-1} .

Questa espressione dimostra che se $C = Q/f$, la quantità di metalli aggiunta al terreno uguaglia quella asportata; si può così raggiungere uno stato stazionario in cui non si presenta il fenomeno dell'accumulo. Questa situazione può verificarsi o riducendo le dosi somministrate o abbassando il contenuto dei metalli nel compost o anche utilizzando specie vegetali accumulatrici; è possibile in questo modo, poter prevenire il probabile effetto inquinante dovuto ad utilizzo prolungato di un determinato prodotto, effettuando una scelta opportuna sia sul tipo di compost da utilizzare sia sulla specie di pianta da coltivare.

In riferimento ai rischi derivanti dall'uso di biomasse in agricoltura, è consigliabile rifarsi a dati più recenti raccolti da un apposito gruppo di lavoro, organizzato dal World Health Organization, per valutare i rischi dovuti alla presenza di metalli pesanti nei fanghi (tab. 5.4).

Attualmente non esiste una precisa indicazione di una soglia di sicurezza sia nel compost che nel suolo; riguardo questi limiti, a livello Comunitario non esistono leggi in proposito, tra le nazioni si riscontrano pareri discordanti e all'interno di uno stesso paese, spesso sono diversi da regione a regione in dipendenza di fattori come: clima, tipo di suolo, suo contenuto in sostanza organica, pH, ecc...

Il contenuto in metalli pesanti ha condizionato il settore del compostaggio dei RSU tanto che la costruzione di nuovi impianti e il mercato del compost hanno subito una battuta d'arresto a livello europeo.

La conoscenza della distribuzione e della chimica dei metalli pesanti nei terreni rappresenta un valido supporto per effettuare una giusta separazione e una opportuna raccolta differenziata dei RSU; è possibile in questo modo, ridurre i potenziali rischi ed ottenere una adeguata separazione della materia organica ai fini di un corretto processo di compostaggio.

A questo proposito si riportano i dati di un lavoro condotto dall' Istituto Agrario di S. Michele all' Adige finalizzato alla verifica qualitativa di una vasta gamma di compost, ottenuti dal trattamento di rifiuti organici selezionati; in questi materiali (tab.5.5), differenti per le materie prime utilizzate, si sono riscontrate concentrazioni di metalli pesanti trascurabili rispetto a quelle dei compost da RSU raccolti in maniera indifferenziata.

Lo studio conferma inoltre la garanzia ambientale di compost ottenibili da molteplici tipologie di rifiuti purché selezionati a monte degli impianti tecnologici.

Cadmio - Può accumularsi nelle piante senza che si manifestino fenomeni di fitotossicità. Può essere assorbito sia in forma ionica che scambiabile. Molto pericoloso.

Piombo - Sostanzialmente immobile nel terreno, possono verificarsi assorbimenti anomali per concentrazioni nel suolo superiori a 1000 mg/kg.

Mercurio - Il contenuto nei fanghi è molto basso. Molto ridotto il trasferimento dal suolo ai vegetali.

Nichel - Non si sono verificati fenomeni significativi di bioaccumulo.

Per Zinco e Rame non sono mai stati riscontrati effetti tossici di accumulo, mentre per il Cromo si sono verificati talora effetti contrastanti ma solo raramente i vegetali sono in grado di accumularne quantità rilevanti.

Tab. 5.4 - Conclusioni della Organizzazione Mondiale della Sanità sul rischio derivante dai metalli pesanti nei fanghi (G. Petruzzelli, 1992).

Tab. 5.5 - Caratteristiche analitiche di compost ottenuti da rifiuti organici selezionati - Parametri ambientali (G. Zorzi et al., 1994).

Tipologia	B	As	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Cr	Hg
COMPOST 1	27.3 (9)	5,34 a (15)	297 (7)	269 b (140)	57.1 c (140)	23.2 (139)	90.1 a (144)	0.98 b (118)	38.7 b (114)	0,45 (90)
COMPOST 2	43.3 (10)	1.54 b (7)	209 (13)	271 b (31)	114 b (31)	30.0 (29)	61.6 b (28)	1.76 a (18)	57.3 a (30)	0.39 (9)
COMPOST 3	43.4 (12)	0.28 ab (1)	373 (13)	352 b (18)	161 a (18)	23.9 (15)	48.2 b (17)	1.43 b (14)	28.7 b (17)	0.10 (1)
COMPOST 4	32.1 (14)	2.97 ab (6)	369 (25)	178 a (78)	54.8 c (78)	21.0 (75)	76.8 ab (76)	1.02 ab (43)	37.3 b (72)	0.44 (27)
COMPOST RD (n° dati)	36.5 (44)	3.76 (29)	325 (58)	246 (267)	70.1 (267)	23.4 (258)	80.6 (265)	1.09 (193)	39.8 (260)	0.44 (127)
deviazione standard	16.6	3.22	194	179	66.1	19.1	61.5	0.92	35.0	0.48
valore minimo	0.50	0.01	49.0	32.0	3.00	4.00	3.00	0.01	5.20	0.-01
valore massimo	65.0	14.2	837	1500	435	198	509	5.20	359	2.90
COMPOST RSU	56.0 (41)	- -	374 (22)	855 (45)	405 (45)	85.2 (45)	751 (45)	< 5 (45)	231 (45)	- -
LETAME	30.6 (6)	- -	292 (6)	245 (7)	54.4 (7)	10.3 (7)	32.3 (7)	< 5 (7)	30 (7)	- -
POLLINA	31.3 (4)	- -	796 (3)	550 (3)	280 (3)	9.0 (3)	22.7 (3)	< 5 (3)	15.7 (3)	- -
TORBA	8.4 (18)	- -	47.6 (5)	63.4 (8)	32.5 (8)	22.0 (7)	9.4 (7)	< 5 (7)	63.3 (7)	- -

Dati espressi in mg/kg s.s.; tra parentesi é riportato il numero dei dati analitici mediati

I valori non contraddistinti da lettere in comune differiscono significativamente per P=0,05 (test di Duncan).

COMPOST 1 da rifiuti organici selezionati a livello domestico (utenze famigliari) come l'organico di cucina, i resti della manutenzione del giardino....

COMPOST 2 da rifiuti organici selezionati di derivazione industriale, agricola, commerciale e di servizio (sottoprodotti agroalimentari, fanghi della depurazione di effluenti industriali e civili, rifiuti mercatali, organico delle mense, scarti colturali....)

COMPOST 3 da scarti zootecnici (deiezioni e lettiere di animali da allevamento)

COMPOST 4 da rifiuti vegetali provenienti dalla manutenzione di parchi e giardini o

dall' industria del legno.

5.3 Compost verde

Un compost di qualità per eccellenza é rappresentato da quello "verde" la cui fonte di approvvigionamento é costituita dai rifiuti "verdi"; con questo termine si indica un rifiuto in cui è presente sostanza vegetale almeno per il 50% in peso, in cui sono assenti gli inerti e le cui altre componenti sono legno e carta;

le sorgenti di questi rifiuti sono rappresentate da:

- 1) mercati ortofrutticoli all'ingrosso
- 2) mercati centrali e regionali al minuto
- 3) supermercati
- 4) singoli punti di vendita (negozi ortofrutta)

I rifiuti vegetali, in particolare quelli derivanti da vendita di prodotti ortofrutticoli, sono considerati idonei a garantire un compost di qualità in quanto :

- non presentano cariche microbiche patogene che possano resistere ai processi ossidativi che si verificano durante la trasformazione in compost;
- essendo residui di prodotti alimentari, non presentano contaminazione da prodotti chimici, come antiparassitari o altri prodotti usati per evitare l'appassimento che possono invece essere presenti in fiori da vaso o piante ornamentali, ecc.....

Rifiuti verdi sono considerati anche quelli costituiti da sfalci, potature e foglie derivanti da attività di cura del verde pubblico e privato in genere, residui prodotti da attività di vendita di fiori e piante, ecc... che spesso finiscono mischiati ai rifiuti solidi;

é fondamentale mantenere separati i residui verdi in genere durante la raccolta dei RSU sia per contenere la carica di microrganismi patogeni per l'uomo (solitamente presenti in numero rilevante nella frazione organica dei rifiuti solidi urbani) sia per evitare contaminazione da metalli pesanti;

é importante considerare l'eventuale presenza del piombo specialmente se si tratta di rifiuti provenienti da zone molto trafficate (in modo particolare le foglie in cui si accumula in modo rilevante la polvere stradale, ricca di piombo).

Riguardo i residui di pesticidi potenzialmente presenti il rischio sembra minimo in quanto, oggi, essendo quest'ultimi velocemente biodegradabili, a completamento del processo di compostaggio saranno completamente scomparsi.

E' inoltre possibile trovare nei rifiuti verdi fitopatogeni che potrebbero diffondere nell'ambiente qualora dovessero permanere nel compost finale; sembra che anche questo rischio sia minimo in quanto durante il processo tali microrganismi sono distrutti per azione combinata delle alte temperature e della competizione che si crea tra essi e la flora microbica responsabile del compostaggio; il materiale finale non contiene fitopatogeni ed é in grado di esercitare azione fitorepressiva verso alcuni di essi.

Dal punto di vista chimico, questi rifiuti presentano un rapporto C/N troppo elevato (se trattati da soli); per questo é consigliabile il co-compostaggio di questi materiali con altri ad elevata matrice organica (ricchi in azoto) quali fanghi di depurazione, scarti zootecnici e così via; in questo modo si riducono i tempi di trasformazione e si ottengono dei prodotti qualitativamente migliori dal punto di vista agronomico.

Nel compostaggio da rifiuti verdi la carica microbica responsabile del processo é costituita prevalentemente da lattobatteri e lieviti che, con le loro attività fermentative, possono inibire la microflora ossidante; in questo caso il rifiuto si trasforma in una poltiglia maleodorante che porta ad un prodotto finale non sufficientemente stabilizzato ed oltretutto fitotossico; durante il trattamento fisico-meccanico, gli scarti vegetali tendono anche a rilasciare una quantità apprezzabile di percolato ricco di elementi azotati; questo comporta perdita di elementi di fertilità e problemi di smaltimento; inoltre i succhi escreti dai tessuti vegetali, influenzando la porosità della biomassa, contribuiscono a creare condizioni di anossia cui si accompagnano fenomeni fermentativi e putrefattivi.

Per evitare questi problemi, é necessario aerare opportunamente la massa (per attivare la microflora aerobica responsabile diretta del processo) e aggiungere agli scarti verdi triturati un supporto ligno-cellulosico (trucioli di legno).

Il compostaggio di questi materiali richiede un impianto molto semplice come si può notare in figura 5.3; le uniche attrezzature sono legate alla pezzatura del materiale poiché il rifiuto in ingresso deve essere triturato in modo da conseguire una pezzatura dell'ordine di pochi centimetri.

Data la natura dei materiali, questa forma di compostaggio viene condotta adottando tipologie impiantistiche semplici, basate su bioreattori naturali (cumuli di materiali sottoposti all'azione microbica) all'aperto su aree consolidate e impermeabilizzate (come richiesto da molte norme regionali ed in diversi Paesi europei); una volta allestito il cumulo, il processo si attiva naturalmente, senza aggiunta di flora microbica selezionata (già presente nel materiale di partenza); rivoltamenti periodici, effettuati con pale meccaniche o con apposite macchine rivoltatrici, assicurano la necessaria aerazione del materiale; al termine del processo il compost viene raffinato e lo scarto rimesso in testa al ciclo.

Per questo motivo l' inserimento dell' impianto (meglio definibile come area attrezzata), non incontra problemi di carattere architettonico ed ambientale e non sussistono problemi relativi allo stoccaggio ed alla gestione del materiale non essendo quest'ultimo attratto da eventuali presenze indesiderate (come roditori, ditteri, ecc...). E' intuitivo che gli investimenti ed i costi di gestione siano molto contenuti; i costi unitari di trattamento si aggirano, in caso di aree di grandi dimensioni ben gestite, anche sulle 50L/Kg.

Le qualità agronomiche del prodotto vengono particolarmente esaltate in un materiale in cui la semplice selezionabilità della matrice di partenza e la notevole presenza di risulti di potatura, forniscono un buon supporto ligninico ai processi di umificazione e garantiscono la qualità del compost prodotto.

E' opportuno incentivare il recupero degli scarti vegetali non solo dal punto di vista ecologico del mancato smaltimento in discarica (con i risparmi connessi), ma anche da quello agronomico ed economico della valorizzazione dei fertilizzanti organici prodotti.

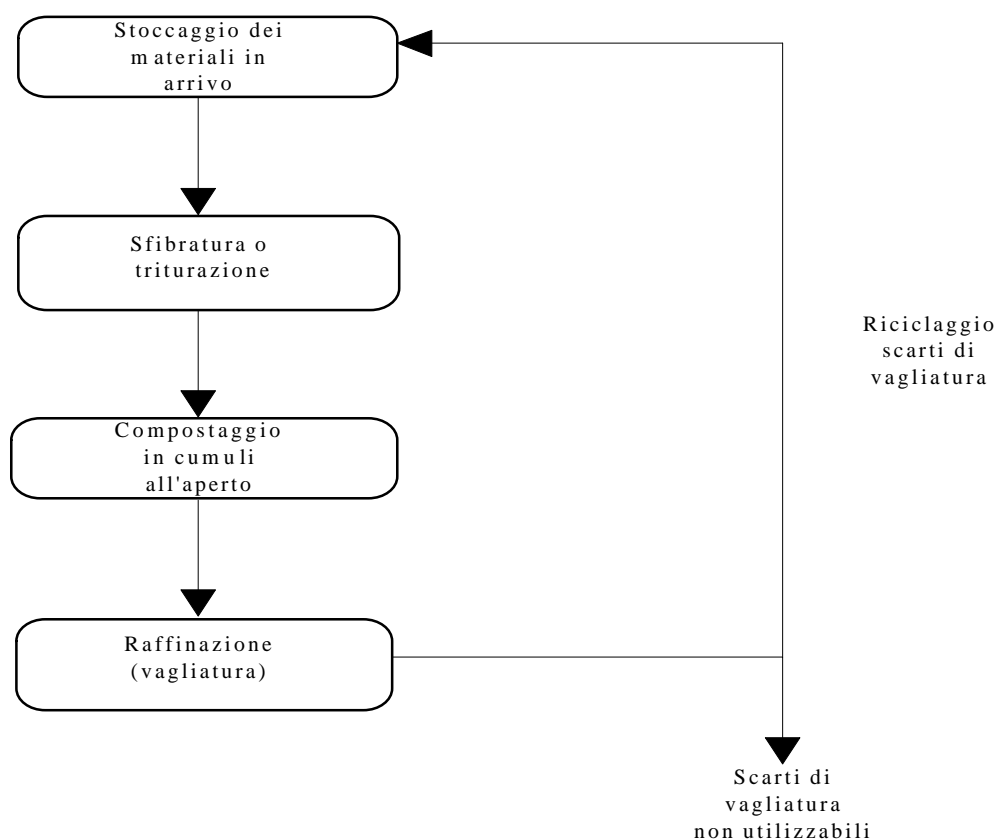


Fig. 5.3 - (R. Barberis, 1994)

5.4 Compost da fanghi

Un efficace sistema integrato di smaltimento finalizzato al recupero dei rifiuti é rappresentato dal compostaggio dei fanghi di depurazione in combinazione con la frazione organica dei rifiuti solidi urbani.

Fattori come elevato grado di umidità e basso valore del rapporto C/N (<15), limitano il compostaggio dei soli fanghi per i quali é richiesto oltre ad un efficiente trattamento di disidratazione, la miscelazione con altri materiali capaci di sopperire alla carenza del carbonio e all'elevata umidità.

In questa ottica é visto il miscelamento con i rifiuti solidi che possono conferire supporto e porosità opportuni alla massa in compostaggio e garantire che il processo avvenga nella maniera più idonea.

“Il compost ricavato da soli rifiuti solidi urbani, pur presentando alcune analogie con quello da soli fanghi, come l' igienicità, l'assenza di cattivi odori e di fitotossicità, la devitalizzazione dei semi, ecc., risulta sensibilmente differente per caratteristiche organolettiche, fisiche, chimiche, microbiologiche, come risulta dalla tabella 5.6” (L. Spinosa, 1994).

		compost da RSU	compost da fanghi
Peso specifico	[kg /m ³]	250 - 300	550 - 650
Umidità	[%]	30 - 35	35 - 40
Sost. organica	[% SS]	70 - 75	60 - 65
pH		7 - 8	7,2 - 7,8
Azoto tot.	[% SS]	1,2 - 1,4	1,5 - 2,0
Anidride fosf.	[% SS]	0,5 - 0,6	0,7 - 1,5
Ossido potassio	[% SS]	0,3 - 0,4	0,5 - 1,0
C/N		20 - 25	15 - 20
Cadmio	[mg/kg]	2 - 4	2 - 4
Nichel	[mg/kg]	40 - 50	25 - 35
Cromo	[mg/kg]	80 - 100	10- 20
Rame	[mg/kg]	150 - 300	100 - 200
Zinco	[mg/kg]	300 - 600	800 - 1600
Piombo	[mg/kg]	250 - 350	100 - 200
Granulometria		più grossolana	più fine
Vetri		presenti	assenti
Plastiche		presenti	assenti
Salmonelle		presenti	assenti
Parassiti		assenti	assenti
Fitotossicità		inattiv.	inattiv.
Semi infestanti		assenti	assenti

Tab. 5.6 - Caratteristiche del compost (L. Spinosa, 1994).

Questa alternativa è applicata diffusamente e con successo in molti paesi europei (Austria, Olanda, Repubblica Federale Tedesca, Svizzera, Francia, etc), poichè offre i seguenti vantaggi:

- possibilità di risparmi sia in termini di costi di impianto, che di esercizio;
- prodotto finale di migliori caratteristiche ammendanti e fertilizzanti grazie all'integrazione delle differenti caratteristiche dei due tipi di rifiuti;
- igienizzazione , smaltimento e recupero dei fanghi.

I fanghi organici costituiscono il prodotto di risulta del trattamento biologico delle acque di scarico urbane, dell'industria agroalimentare, di quella cartaria e di altre categorie produttive.

Essi rappresentano un notevole quantitativo di sostanza organica pregiata attualmente smaltita in discarica o avviata all'incenerimento; vengono classificati come rifiuti speciali e sono regolamentati dal DPR 915/82 e dal più recente D.L. 99/92 che ne permette l'utilizzo in agricoltura.

Le caratteristiche quali-quantitative dei fanghi sono determinate oltre che dal refluo di origine, anche dal tipo di processo biologico cui sono sottoposti (fanghi attivi, biodischi, digestione anaerobica, ecc...), dal grado di stabilizzazione finale (digestione anaerobica e aerobica) e dalla tipologia di disidratazione impiegata (decanter, nastropresse, letti di drenaggio, essiccatori termici ecc...). La possibilità di riciclare i fanghi in agricoltura dipende molto da questi fattori; infatti fanghi non ben stabilizzati continuano a fermentare sul suolo consumando ossigeno con produzione di odori molesti; da non sottovalutare il discorso economico per i fanghi liquidi che incrementano eccessivamente i costi di trasporto e spandimento.

Si conferma ulteriormente che per questi materiali il compostaggio combinato con la frazione organica dei rifiuti solidi urbani rappresenta il mezzo ottimale di recupero in quanto permette:

- il miglioramento qualitativo del materiale finalizzato all'uso specifico agricolo (modifica del rapporto C/N, stabilizzazione della frazione organica, inattivazione dei semi infestanti, ecc.);
- la sensibile riduzione dell'umidità (quindi abbassamento dei costi di trasporto e di distribuzione) e minore richiesta di superfici di stoccaggio,
- maggiore disponibilità delle utenze alla manipolazione di materiali qualitativamente più vicini agli ammendanti tradizionali.

Il maggior fattore limitante (anche per il normale smaltimento sul suolo coltivato) è rappresentato dai metalli pesanti; generalmente quelli di depurazione derivanti dall'industria agroalimentare, da quella cartaria e da alcune altre categorie produttive, ne presentano un contenuto molto limitato, possiedono una notevole costanza qualitativa e possono sicuramente essere utilizzati per la produzione di compost di qualità (naturalmente miscelati con residui lignocellulosici in grado di conferire alla miscela la necessaria struttura).

I fanghi urbani invece presentano un maggior rischio per quanto riguarda i metalli pesanti; il loro utilizzo, per la produzione di un compost di qualità garantita, è opportuno purché provengano da scarichi solamente civili e siano sottoposti a frequenti controlli qualitativi.

5.4.1 Caratteristiche analitiche del fango e suo utilizzo in agricoltura

Considerando la gran varietà di fanghi da smaltire, l'utilizzo agricolo è di fatto limitato a quelli digeriti di origine urbana anche se non è semplice sia definirne migliore la qualità (rispetto alla totalità degli altri fanghi), che escludere con certezza che un impianto civile, riceva in qualche proporzione, anche reflui industriali. La composizione dei fanghi è infatti variabile per le fluttuazioni riscontrabili sia nel funzionamento dell'impianto sia nella composizione del liquame che vi arriva.

I fanghi di depurazione sono importanti vettori di sostanza organica e di elementi fertilizzanti: trascurabile risulta l'apporto di potassio ma notevole è quello relativo ad azoto e fosforo anche se quest'ultimi si trovano in forma non immediatamente disponibile per i vegetali.

Uno dei limiti di accettabilità per l'uso agricolo dei fanghi è costituito dalle caratteristiche agronomiche che sono riportate in tab. 5.7.

	Valore limite sul secco (minimo)
pH	5,5-8
Sostanza organica	40%
Fosforo (espresso come P)	0,4%
Azoto (espresso come N)	1,5%
	(massimo)
Rapporto C/N	25
Salinità	200 meq/100g
Salmonelle	100 MPN/g

Tab. 5.7 - Caratteristiche agronomiche dei fanghi (L. Gobbi et al., 1989).

Le Regioni, limitatamente alle industrie agroalimentari, possono derogare dai valori fissati per la sostanza organica, il fosforo, l'azoto, purchè il contenuto in sostanza organica non sia inferiore al 20% sul secco e la somma delle concentrazioni degli elementi principali della fertilità (N+P+K) sia superiore al 4%.

Una caratteristica "negativa" è conferita dalla presenza di metalli che, una volta rimossi dal liquame, si concentrano nei fanghi (utilizzati in agricoltura) attraverso i quali esplicano la loro influenza sull'ambiente in diversi modi:

- effetto tossico direttamente sulle piante,
- alterazione qualitativa dei prodotti vegetali con conseguente bioaccumulo lungo la catena alimentare,
- inquinamento delle acque sotterranee e superficiali per percolazione ecc....

L'apporto incontrollato dei metalli altera inevitabilmente le caratteristiche chimiche e biologiche del terreno (vedi tab. 5.4) e i valori limiti per le loro concentrazioni sono gli stessi previsti per il compost.

Il fango costituisce il vettore anche per microrganismi patogeni per cui il suo impiego è limitato a determinati siti e vincolato a specifiche modalità di distribuzione; tuttavia l'applicazione del processo di compostaggio (inizialmente esclusivo per i rifiuti solidi) ai fanghi di depurazione, garantisce un prodotto stabilizzato dal punto di vista microbiologico e preferibile, rispetto al fango digerito tal quale, per l'uso agricolo. L'innalzamento della temperatura (termofilia nel compostaggio) insieme alla competizione che si innesca tra i microrganismi presenti (i responsabili della fermentazione e i patogeni e/o parassiti), garantiscono l'effetto igienizzante richiesto.

A tale scopo si riporta, in tabella 5.8 uno schema delle temperature e dei tempi necessari per alcuni patogeni e parassiti potenzialmente presenti nel fango.

Salmonella typhosa	Non cresce sopra 46°C; muore entro 30 minuti tra 50 e 60°C
Salmonella spp	Muore entro 1 ora a 56°C ed entro 15-20 minuti a 60°C
Escherichia coli	Muore entro 1 ora a 55°C ed entro 15-20 minuti a 60°C
Entamoeba histolytica	Muore a 68°C
Toenia saginata	Muore entro 5 minuti a 71°C

Tab. 5.8 - Temperature e tempi per la distruzione termica di alcuni patogeni e parassiti. (V. Mezzanotte, 1987)

Oltre ad una buona stabilizzazione della sostanza organica, la fermentazione aerobica consente una adeguata umificazione della stessa.

Per essere idoneamente compostato, il fango deve essere addizionato di opportuni "bulking agent" che creino le condizioni ottimali di umidità (55-65%) e che conferiscano alla miscela la

giusta porosità e un rapporto C/N intorno a 30; a seconda delle caratteristiche del fango (umidità e rapporto C/N), varia il rapporto di miscelazione, e quindi la quantità di bulking agent utilizzata; il rapporto C/N, in particolare, influisce sull'entità di degradazione della sostanza organica, analogamente al grado di stabilizzazione del fango, di cui tale rapporto è, in una certa misura, indice.

Sono utilizzati in genere trucioli di legno, oltre a paglia e segatura, anche se quest'ultimi sono risultati idonei dal punto di vista chimico ma non da quello operativo. Spesso il fango viene anche miscelato con frammenti di pneumatici con effetti negativi dal punto di vista qualitativo ma con risultati ottimali per le proprietà fisiche della massa in fermentazione.

A seconda dell'uso cui il compost è destinato, e quindi delle caratteristiche richieste dal mercato, esso può essere commercializzato tal quale, oppure la frazione residua di bulking agent può essere separata da vagliatura. Naturalmente l'alternativa si presenta in relazione alle caratteristiche di quest'ultimo che possono consentire o meno la separazione.

L'aggiunta di fanghi ai rifiuti solidi urbani nel compostaggio deve essere valutata alla luce dell'eventuale apporto di sostanze accumulabili dannose per il terreno e delle relative conseguenze.

Qualora i fanghi fossero ritenuti adatti al reimpiego in agricoltura, si deve notare come il trattamento combinato possa anche consentire - quando il rapporto tra i contenuti di umidità è rispetto ed in dipendenza del livello di selezione dei rifiuti adottato nell'impianto - di alimentare il processo con la totalità dei rifiuti solidi e dei fanghi di depurazione prodotti nell'area servita.

5.5 Compost da deiezioni zootecniche

Le deiezioni zootecniche rappresentano una particolarità nell'ambito delle problematiche connesse con il trattamento dei residui organici; il loro smaltimento è regolamentato da leggi regionali in materia di scarico di reflui e non sono in nessun caso classificate come rifiuti indipendentemente dallo stato fisico di produzione (solido o liquido).

Lo smaltimento sul suolo richiede la disponibilità di terreni, di estensione proporzionale al quantitativo di liquame prodotto, che non sempre sono disponibili nei pressi dell'allevamento; è oltretutto difficoltoso poter quantificare esattamente le deiezioni prodotte nei diversi ambiti provinciali, regionali, ecc., poiché le presenze zootecniche sono soggette a continue variazioni (soprattutto in dipendenza del mercato) come anche le caratteristiche delle deiezioni che sono influenzate dalla tipologia di allevamento, dal tipo di alimentazione, dai sistemi di lavaggio, dalle modalità di stoccaggio, ecc.

Un'alternativa, anche se non molto praticata, è rappresentata dalla depurazione; anche in questo caso insorgono problemi di smaltimento in quanto si ha una produzione di fanghi di supero in cui si trova, in termini di sostanza secca, pressoché tutta la sostanza organica delle deiezioni tal quali.

Nell'ambito del compostaggio le deiezioni zootecniche vengono quindi prese in considerazione in quanto:

- non presentano alternative allo smaltimento sul suolo agricolo per motivi di ordine qualitativo e quantitativo;
- anch'esse danno origine a notevoli problemi di carattere ambientale;
- rappresentano in molti casi un ottimo substrato per il compostaggio di altri tipi di rifiuto.
- presentano una notevole quantità di residui inorganici (fosforo e potassio) che l'industria nazionale produttrice di concimi organici e misto-organici importa da paesi esteri come composti minerali;
- la reazione esotermica che caratterizza il processo, permette l'essiccazione della biomassa (importante per i reflui zootecnici) e la sua sterilizzazione (la temperatura di 65°C riduce la presenza microbica ed eventuali coliformi e salmonelle);
- se richiesto, possono essere addizionati di materiale secco e granulare, come paglia, segatura, ecc., per correggere porosità, composizione, pH (preferibilmente neutro) e rapporto C/N (superiore a 20);
- la presenza di ossigeno della degradazione aerobica evita l'instaurarsi di condizioni anossiche che favorirebbero la formazione di composti maleodoranti;
- il tenore di umidità previsto permette una disidratazione graduata in modo da non influenzare i microorganismi coinvolti che possono completare le loro attività di fermentazione fino a completamento del processo;
- possono garantire la qualità del prodotto finale la cui destinazione è la stessa prevista per i compost da rifiuti solidi urbani e da fanghi.

5.5.1 Tipi di deiezioni da indirizzare al compostaggio

Le deiezioni animali hanno un elevato valore fertilizzante, per cui si collocano tra i materiali che meglio si prestano a far fronte ad una potenziale domanda di concimi organici.

Deiezioni bovine :

sono generalmente costituite da una frazione solida (letame) e una liquida (urine), divisibili già in fase di allontanamento dalle stalle.

Il letame costituisce un residuo pregiato in quanto possiede un valore di mercato ed è largamente utilizzato in agricoltura; la frazione liquida invece rappresenta il residuo vero e proprio dell'allevamento se non viene integrata nei cicli di maturazione del letame.

Deiezioni avicole :

in questo settore le deiezioni prodotte sono riconducibili a due forme:

- la pollina tipica degli allevamenti di ovaiole in batteria;
- la lettiera integrata, prodotta negli allevamenti di polli da carne e avicoli in generale allevati a terra, le cui deiezioni sono integrate con materiale di lettiera (paglia o truciolo) immesso fresco ad ogni inizio di ciclo produttivo. Lo smaltimento avviene sul suolo coltivato, secondo norme regionali, similmente a quanto avviene per i liquami suinicoli (come descritto successivamente). La pollina presenta una umidità pari al 75-80% e viene estratta dagli allevamenti ogni 24-48 ore. Come per le altre deiezioni liquide, lo smaltimento richiede spese di trasporto, problemi di natura ambientale (ruscellamento, impaludamento dell'area, ecc.) e sociali (odori molesti).

Si stanno proponendo nuove tecnologie di allevamento che prevedono l'essiccamento delle deiezioni in modo da ridurre il loro contenuto di umidità al 50-60% e renderle palabili e più semplici da smaltire per l'allevatore;

in questo modo infatti essendo palabili, non ricadono più nella normativa per lo spandimento dei liquami, non è più indispensabile la vasca di stoccaggio e sono anche ridotte le spese di gestione e smaltimento.

Anche questo pre-trattamento non elimina il carico ambientale della pollina sul suolo in quanto la sostanza organica non è trasformata e la perdita di ammoniaca è paragonabile a quella che si verifica in vasca durante lo stoccaggio.

Alternativamente l'essiccamento della pollina si può effettuare in impianti biologici di compostaggio secondo tecnologie impiantistiche che sfruttano sia l'esotermia del processo che l'irradiazione solare.

La lettiera presenta caratteristiche chimico-fisiche diverse rispetto alla pollina poichè le deiezioni oltre ad essere miscelate a paglia e truciolo, subiscono una fermentazione aerobica, favorita dalla temperatura all'interno dell'allevamento, dall'azione di miscelazione prodotta dall'attività degli animali allevati e dall'ossigenazione mantenuta a un buon livello per salvaguardare gli animali da patologie da ammoniaca.

Le lettiere vengono anch'esse smaltite nel suolo coltivato tal quali o dopo stoccaggio ma può risultare utile il loro utilizzo come coformulante di materiali ad alto tasso di umidità da compostare; possono infatti essere miscelate a rifiuti speciali, a fanghi urbani e anche alla pollina stessa.

Deiezioni suinicole :

sono disponibili allo stato liquido a causa della diluizione conseguente ai lavaggi delle stalle.

Una delle forme di smaltimento è rappresentata dal loro trattamento in impianti di depurazione e a questo proposito sono state anche realizzate diverse tipologie impiantistiche ma, il loro alto carico organico come anche l'elevato rapporto C/N, rendono il trattamento troppo costoso dal punto di vista energetico e scarsamente efficiente per la rimozione dei nutrienti azoto e fosforo. Lo smaltimento tradizionale è rappresentato da quello su suolo coltivato, secondo modalità previste dalle leggi regionali. In particolare le aziende devono essere provviste di vasche adeguate allo stoccaggio per la stabilizzazione della frazione organica e una quantità di terreno proporzionale alla quantità di refluo da smaltire; è proprio questo il problema dei reflui suinicoli che, essendo quantitativamente abbondanti, generano problemi sia dal punto di vista economico (trasporto, stoccaggio, ecc.), che ambientale (ruscellamento, percolazione, impaludamento del terreno).

Negli anni 80 sono stati realizzati diversi impianti di digestione anaerobica con recupero di biogas, finalizzati alla riduzione del carico organico da smaltire ed alla sua stabilizzazione; questo tipo di trattamento non risolve, se non parzialmente, i problemi connessi con lo smaltimento dei liquami.

Recentemente in alcune regioni sono stati realizzati impianti di trattamento dei liquami a fanghi attivi, con digestione anaerobica dei fanghi e recupero di biogas; i liquami depurati anzichè essere immessi in corsi d'acqua superficiali, sono ricircolati in azienda per il lavaggio delle stalle. Anche in questo caso la frazione solida (dotata di ottime caratteristiche agronomiche come in tabella 5.9), in forma di fanghi digeriti, deve essere smaltita sul suolo coltivato, non risparmiando le aziende dalla necessità di disporre di terreno.

1- Frazione solida ottenuta per centrifugazione di liquame tal quale prodotto in una porcilaia con pulizia a secco:	
sostanza secca.....	20-22%
sostanza organica.....	80% s.s.
azoto totale (come N).....	3,5% s.s.
fosforo totale (come P).....	2,5% s.s.
2- Frazione solida ottenuta per disidratazione con nastropressa di fango di supero digerito anaerobicamente, di impianto di depurazione di liquami suinicoli:	
sostanza secca.....	25%
sostanza organica.....	60-70% s.s.
azoto totale (come N).....	2,5-3% s.s.
fosforo totale (come P).....	1,5% s.s.

Tab. 5. 9 - Frazioni solide da liquami suinicoli (G. Bonazzi, 1990).

Nonostante la validità economica, ambientale, ecc., e la indubbia qualità del compost eventualmente prodotto, a tutt'oggi esistono ostacoli (da parte delle autorità locali preposte alla tutela dell'ambiente) per la diffusione di impianti di compostaggio dei reflui zootecnici.

Il fatto è che, all'idea di un impianto di questo genere, si associa immediatamente il problema delle emissioni maleodoranti nelle zone vicine con conseguenti "disturbi" per la popolazione che riesce ad impedire la realizzazione di impianti, nonostante la disponibilità di finanziamenti pubblici e di validi supporti tecnici.

A questo proposito, si ricorda che un altro indotto biotecnologico del compostaggio è rappresentato dall'uso del compost, ottenuto da substrati diversi, come "feltro biologico attivo" di riempimento nei filtri per il trattamento delle emissioni gassose maleodoranti e/o di origine industriale. Negli stessi impianti di compostaggio, l'aria aspirata dalla massa in decomposizione viene purificata passando attraverso un cumulo di compost maturo che funge da filtro; composti maleodoranti come idrogeno solforato, butirraldeide, mercaptoetanolo, tiofenolo, xilene ed altri, possono venire abbattuti convogliando gli scarichi gassosi che li contengono in speciali biofiltri dove i gas passano attraverso uno strato più o meno spesso di compost (certamente di costo inferiore rispetto a qualsiasi altro tipo di filtro);

quest'ultimo ha una funzione di assorbimento dei contaminanti trasportati dai gas cui segue la degradazione microbica ad opera di varie specie di microorganismi in esso contenuti: alcuni ceppi batterici appartenenti ai generi *Thiobacillus*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*; alcuni

attinomiceti dei generi Actinomyces e Streptomyces nonché numerosi funghi filamentosi come Cephalosporium, Penicillium, Aspergillus ecc...

L' avversità alla realizzazione di questo tipo di impianto è anche giustificato da eventi del passato quando si sono manifestati reali problemi di forte impatto ambientale dovuti alla realizzazione e alla gestione degli impianti stessi; da tener presente inoltre che le più disattese sono le norme per l'igiene sul lavoro, per cui, in quasi tutti gli impianti, non vengono molto considerate le condizioni di lavoro degli operatori che, il più delle volte, sono esposti a concentrazioni di ammoniaca in aria superiori a 100 ppm, odori molesti, contatto diretto e frequente con materiali non trattati o sterilizzati.

Oggi, sulla base delle più recenti esperienze, tali problemi si possono considerare superati in quanto le tecnologie per il compostaggio sono in grado di garantire un corretto funzionamento con trascurabili impatti sull'ambiente circostante.

6.0 PROPRIETÀ E VALORIZZAZIONE AGRONOMICA DEL COMPOST

E' opportuno ribadire il concetto del compost come prodotto risultante di un processo *bio-ossidativo* e *controllato* da non confondere con *altri prodotti* scadenti, oggi molto diffusi, che sono fonte di diffidenza da parte degli utenti e di imbarazzo per gli operatori del settore. Al termine di un corretto processo, il compost prodotto può essere denominato *ammendante organico*; con questo termine, se non diversamente specificato, si intende il compost maturo a differenza degli altri diversi tipi che si possono distinguere a seconda del periodo di stabilizzazione (R.Canziani, M. Sperandio, 1994):

a) “*Compost fresco*: materiale igienizzato ma ancora in fase di trasformazione biologica. E' caratterizzato da una età fino a 3 mesi, da un elevato rapporto C/N (30-40) e da elevate temperature. Può essere impiegato in florovivaistica nella preparazione di letti caldi; se è impiegato su prati, erbai e pascoli è necessario che la somministrazione cessi almeno due mesi prima del raccolto o del pascolo. La stessa precauzione vale per le colture frutticole, per verdure e ortaggi. E' un prodotto ancora ricco di elementi nutritivi, soprattutto azoto, fondamentali per la fertilità del suolo e per la nutrizione delle piante.

b) *Compost pronto o stabilizzato*: compost già igienizzato e stabilizzato in cui l'attività biologica non produce più calore. Ha una età di 4-8 mesi, un rapporto C/N e temperature inferiori a quello fresco. L'umificazione non ha raggiunto livelli elevati e c'è un minor contenuto di azoto a causa della mineralizzazione più prolungata nel tempo. Può essere usato subito prima della semina e del trapianto.

c) *Compost maturo o finito*: compost che ha subito una fase di maturazione prolungata generando un buon humus. Ha una età che va dai 12 ai 24 mesi, un rapporto C/N pari a circa 25 e temperatura ambientale. E' il compost che, a causa della mineralizzazione ormai completa, possiede il minore quantitativo di elementi fertilizzanti ma presenta caratteristiche fisiche e di perfetta stabilizzazione che ne rendono idonea l'applicazione a contatto diretto con le radici anche nei periodi vegetativi. E' anche usato come substrato di coltivazione.

d) *Compost speciale*: compost fresco o pronto sottoposto ad ulteriori trattamenti (ad es. essiccamento, igienizzazione a vapore ecc.) usato per impieghi speciali mescolato con sostanze supplementari (quali calcio, argilla, sabbia, farina di sangue ed ossa) al fine di migliorarne la qualità”.

Prima di esaminarne i possibili impieghi dal punto di vista agronomico, è opportuno conoscere gli effetti del compost sul terreno che è sempre stato il destinatario naturale dei rifiuti e che rappresenta il recettore diretto di questo prodotto “rifiuto-derivato”.

6.1 Effetti del compost sul terreno

Il compost modifica le proprietà del terreno apportando variazioni di diversa natura; il suo uso rappresenta oggi una alternativa incoraggiante per ripristinare un adeguato livello di *sostanza*

organica nei terreni coltivati impoveriti da lavorazioni ripetute. Questa carenza si ripercuote sulle caratteristiche del terreno ed il miglioramento delle proprietà fisiche di quest'ultimo, dopo aggiunta di compost, dipende in gran parte dall'attività biologica a sua volta correlata alla degradazione del materiale organico. Notevole risulta l'influenza del compost anche sulle proprietà strutturali del terreno che stanno ad indicare i diversi livelli di interazione tra i componenti organici ed inorganici in esso contenuti; conoscerne i meccanismi di regolazione, permette di intervenire nei modi e tempi più opportuni per poter conservare l'ecosistema terreno nelle condizioni ottimali. In terreni trattati con compost sono stati registrati diminuzione della *densità apparente* (parametro che aumenta nei terreni ad elevate pratiche agricole e che comporta riduzione di velocità di infiltrazione dell'acqua, di aerazione e di crescita delle radici), significativi aumenti di *porosità* (basilare per la crescita delle radici, ritenzione dell'acqua, ecc...., resa delle colture), formazione di *aggregati più stabili* (di particolare importanza per avere rese elevate nei terreni a coltivazioni intensive dove si richiedono tanta "lavorabilità" e resistenza a "stress da macchinari agricoli"), riduzione di *fenomeni erosivi*, aumento dell'*aerazione*, miglioramento delle *proprietà idrauliche* (capacità di ritenzione e movimento dell'acqua); il compost potenzia inoltre la *nutrizione delle piante* (di cui potenzia la capacità di assimilazione degli elementi minerali) e favorisce (*effetto sulla biologia del terreno*), con azione selettiva, la presenza di determinati gruppi di microorganismi a scapito di altri che potrebbero interferire negativamente con lo sviluppo delle colture presenti.

E' opportuno menzionare anche gli eventuali "effetti collaterali" dell'utilizzo del compost (specialmente quello da rifiuti solidi urbani) poiché con questo termine si comprende prodotti vari anche riguardo al contenuto di inquinanti

e alla qualità della sostanza organica per cui, partendo da materiali non idonei ed effettuando un processo di compostaggio non corretto, si rischia di aggiungere al terreno materiali non desiderati che procurano danni alle colture e all'ambiente nel suo complesso; elementi come i metalli pesanti rappresentano l'aspetto più importante dell'impatto ambientale da compost in quanto, non soggetti a degradazione, una volta immessi nel terreno possono inquinare le acque sotterranee, esercitare azione fitotossica verso le colture ed entrare nella catena alimentare; un compost "incontrollato" comporta inoltre apporto di microinquinanti di natura organica come composti alogenati (es. PCB), idrocarburi poliaromatici (PAM) e residui di fitofarmaci (anche se buona parte dei microinquinanti verrebbe comunque totalmente o parzialmente distrutta durante il processo di compostaggio); un compost non completamente o non correttamente maturo può avere un effetto tossico (dovuto ai metaboliti prodotti nelle prime fasi del processo di compostaggio a seguito della degradazione microbica) e se non sufficientemente stabilizzato, può arrecare problemi di carattere igienico-sanitario (contaminazione microbiologica da patogeni).

Pertanto, tenendo sempre presente gli eventuali "effetti collaterali" menzionati, l'utilizzo del compost va incoraggiato specialmente in quei casi in cui il contenuto di sostanza organica nel terreno é ridotto ed il miglioramento delle sue proprietà risulta agronomicamente fondamentale.

6.2 Utilizzo del compost

Numerosi sono gli ambiti di impiego del compost e in funzione di essi e indipendentemente dalle dosi, vengono richiesti alcuni requisiti di base che sono poi comuni per gli ammendanti organici in genere; anche se già precedentemente citati, è opportuno ribadirli molto sinteticamente:

- bassa concentrazione di metalli pesanti perchè potenzialmente tossici per le piante e pericolosi per l'ambiente e per la catena alimentare;
- presenza contenuta di inerti, in particolare vetro e plastica;
- assenza di agenti patogeni e di semi di piante infestanti;
- mancanza di odori sgradevoli;
- contenuto elevato o quanto meno discreto di sostanza organica;
- presenza in quantità apprezzabile di elementi nutritivi (azoto, fosforo, ecc.);
- grado di maturazione commisurato agli impieghi agronomici, ma in ogni caso, si richiede una completa stabilizzazione della frazione organica e quindi assenza di fattori fitotossici;
- condizionamento fisico relativo alle differenti tecniche di applicazione.

Tenendo sempre presente che è opportuno mettere in atto un programma di compostaggio in base alle richieste quali - quantitative di fertilizzanti organici avanzate dai settori agrario-ambientali adiacenti all'impianto, diverse sono le possibilità d'impiego per il compost; la maggiore richiesta è da parte dell'*agricoltura in pieno campo* come ammendante anche se questo tipo di utilizzo è legato ad un bilancio della sostanza organica a carico del terreno interessato; in questo caso, poichè l'ammendante organico viene collocato con interrimento in strati più o meno profondi del terreno, è possibile l'impiego di prodotti di granulometria più grossolana (20-30 mm) e con un contenuto di inerti non rigorosamente basso purchè ben dotati di sostanza organica umificata e di proprietà nutritive (pari a quelle del letame). Dal punto di vista agronomico, in relazione alle disposizioni previste dalla normativa vigente, le quantità di compost impiegabili per ettaro e per triennio (300 q) risultano troppo restrittive e risulterebbe più opportuno fissare un limite sulla base della quantità massima di metalli pesanti addizionabili al terreno annualmente o in un altro lasso di tempo ben determinato. E' inoltre importante garantire una certa economicità d'intervento circa i costi d'acquisto, di trasporto e di distribuzione del prodotto in modo da incentivare ulteriormente le produzioni di compost, naturalmente di qualità.

L'impiego di questo prodotto (in particolare compost da cortecce e fanghi) è previsto anche in *buca di piantagione*, applicazione finalizzata a migliorare le condizioni per l'attecchimento e la ripresa delle giovani piantine e in genere effettuata con torba; il compost garantisce le stesse proprietà della torba rispetto alla quale risulta più attivo nel rimuovere la stanchezza del terreno e nel migliorarne porosità, capacità di ritenzione idrica, ecc....

Il compost risulta indicato anche in *pacciamatura* che consiste nella applicazione localizzata di questo prodotto (lungo filari di vite o di frutteti) volta a migliorare il bilancio idrico del terreno, limitarne i fenomeni erosivi e a controllare erbe infestanti con conseguente aumento di stabilità di suoli declivi e riduzione del carico inquinante da diserbanti; per questo utilizzo è sufficiente un prodotto con un grado di maturazione minimo e granulometria grossolana ma sufficientemente stabilizzato e con presenza minima di elementi indesiderati.

Il compost può essere utilizzato anche nella *preparazione di letti caldi* anche se limitatamente al comparto *vivaistico* (in alternativa al letame equino) dove è richiesta massa organica in

contenuto notevole, scarsamente trasformata e con processi esotermici ancora in corso (compost fresco) e il cui tenore di elementi nutritivi e sostanze indesiderate non sono rigorosi. Nel vivaismo orticolo e nelle floricoltura, settori di impiego più delicati, non risulta idoneo l'uso di compost da RSU (più indicato per le concimazioni di fondo) ma particolarmente adatti sono quello verde e quello da cortecce e fanghi le cui caratteristiche (salinità in particolare) ne permettono l'uso a diretto contatto con le radici. Notevole richiesta di sostanza organica proviene dal vivaismo forestale per il quale risulta particolarmente indicato compost da cortecce e fanghi; è importante ricordare che il settore forestale, a sua volta, rappresenta una fonte di approvvigionamento per matrici "preziose" (scarti verdi) da cui ottenere un compost di qualità.

Oltre a quelle *agronomiche*, risultano apprezzabili le proprietà *ambientali* del compost in particolar modo se si considera che:

a) - aumentano celermente le superfici interessate dal degrado ambientale dovuto sia a fenomeni naturali (frane, smottamenti, dissesti, ecc.), sia ad attività antropiche (scarpate stradali, piste da sci, cave e soprattutto discariche).

Per questo motivo si esamina (F.Pinamonti et all., 1994) la possibilità di utilizzare il compost come substrato di crescita di specie arbustive ed arboree per consolidare terreni dissestati e ripristinare l'ambiente naturale preesistente; è basilare ricostituire lo stato umifero per mezzo del compost il cui impiego, in quest'ottica, va visto non tanto come riserva di elementi nutritivi, quanto come fonte energetica essenziale agli organismi presenti nell'ecosistema da risanare.

L'apporto di sostanza organica è, infatti, essenziale per la conservazione della vita nel suolo, per il recupero della sua fertilità e per la prevenzione di eventuali fenomeni erosivi ed in questo contesto l'utilizzo del compost si colloca in maniera ottimale grazie alle sue caratteristiche fisico-biologiche e alla sua economicità rispetto ai terricci torbosi (i più comunemente usati).

Nel recupero di cave dismesse e per il ripristino di piste da sci è risultato particolarmente indicato compost da cortecce e fanghi, mentre per interventi in ecosistemi più delicati (come aree per il verde pubblico) è preferito il compost verde per una maggiore garanzia di qualità del prodotto. Per la copertura delle discariche è utilizzato invece un compost più blando in quanto l'obiettivo principale è la minimizzazione dei costi; in questo caso è consentito l'impiego di un prodotto anche se non qualitativamente garantito (come il compost da RSU ottenuto con separazione a valle della frazione organica).

Emergono ripetutamente quelli che sono i fattori chiave per un opportuno utilizzo del compost: qualità e prezzo; una volta dimostrato sperimentalmente la surrogabilità dei prodotti tradizionali con il compost, è richiesta la garanzia di qualità attraverso un'accurata operazione di testing del prodotto al fine di potenziare la collaborazione tra produttori e utilizzatori.

b) - si va accrescendo l'interesse alla produzione, costruzione, manutenzione del verde sia ornamentale che ricreativo e territoriale (forse perchè anche questo "in via d'estinzione").

"La forte espansione (dovuta ad una maggiore attenzione alla qualità degli spazi urbani e sociali, alla ricerca di un maggiore equilibrio tra opere di urbanizzazione e assetto verde del territorio, o semplicemente all'accresciuta disponibilità di tempo libero da dedicare ad attività hobbistiche) della floricoltura, del giardinaggio, della paesaggistica, dei ripristini ambientali fa

infatti prospettare l'ampliamento progressivo di un'utenza specifica in questo settore per materiali organici sia tradizionali che innovativi" (E. Favoino, M. Centemero, 1994).

7.0 IL MERCATO

Il mercato del compost è stato sempre collocato in un ambito di confusione e sfiducia da parte degli utenti che hanno sempre avuto a disposizione prodotti eterogenei e in gran parte scadenti. Il mercato della sostanza organica si è quindi affidato soprattutto a prodotti naturali (torba, humus) in virtù della loro stabilità mentre ha evitato il compost anche a dispetto di un minor costo. Tutto ciò giustifica lo scetticismo sia sul costo e l'efficienza degli impianti che sulla validità del prodotto; tali concezioni influenzano negativamente il compostaggio sia dal punto di vista impiantistico che del controllo del processo e quindi della qualità del prodotto.

Al contrario, la produzione di compost non richiede costi elevati, permette un corretto smaltimento della frazione organica dei rifiuti e può garantire un prodotto in grado di reintegrare la sostanza organica nei suoli; tutto ciò deve anche essere analizzato alla luce dei seguenti fattori:

- riduzione degli allevamenti (anche se solo di portata familiare) e del riciclaggio delle biomasse di scarto provenienti dalle attività agricole e zootecniche che in passato hanno garantito la restituzione di sostanza organica al terreno;
- grande disponibilità o meglio accumulo di masse organiche (in prevalenza scarti agricoli) che non vengono utilizzate per motivi economici, ambientali, logistici, ecc, ma che devono pur essere smaltite;
- possibilità di ottenere un prodotto di qualità garantita dal punto di vista agronomico-ambientale.

A proposito di quest'ultima considerazione, necessita mettere in evidenza le caratteristiche di base che, insieme o separatamente, vincolano le possibilità di reimpiego in agricoltura di rifiuti agricoli ed extra-agricoli.

La prima essenziale condizione è che sia garantita la qualità del prodotto sotto il profilo della igienicità e dell'assenza di contaminanti che potrebbero costituire un rischio per le colture, il suolo e le acque circolanti; sono richieste assenza di agenti patogeni e semi infestanti, quantità contenuta di metalli pesanti (potenzialmente tossici a breve o lungo termine) e mancanza di odori sgradevoli.

Altra condizione è che il prodotto presenti una qualità agronomica dimostrabile, misurabile e soprattutto costante; non è semplice quantificare il valore agronomico della componente organica in quanto le analisi permettono di conoscere le proprietà delle frazioni organiche ma non il loro destino una volta collocate nei vari ambienti, cioè se liberano elementi nutritivi o formano humus. Quindi è più semplice testare la validità di un fertilizzante organico considerando il tenore in elementi nutritivi quali azoto, potassio, fosforo, calcio, magnesio, ecc. Condizione altrettanto importante, se non basilare, è quella dell'economicità dei prodotti; quando questi sono ottenuti da scarti delle città, RSU e fanghi, occorre considerare il costo di produzione. L'eliminazione di tali rifiuti rappresenta un costo per la collettività urbana e su chi li produce, grava il costo per il loro smaltimento anche quando il recettore è l'agricoltura; a carico dell'utilizzatore restano i costi di distribuzione.

Sul parametro economico si fondano alcune considerazioni che seguono, riguardo tre tipi di rifiuti notevolmente disponibili e destinabili all'agricoltura:

i rifiuti solidi urbani :

la parte destinabile all'agricoltura è quella organica putrescibile, una volta sottoposta a separazione degli inerti e ad avanzata maturazione. Per l'uso del compost da RSU bisogna verificare la compatibilità del prodotto con i limiti di legge e il suo dosaggio varia in relazione alle concentrazioni dei singoli metalli presenti in esso e nel terreno ricevente; in ogni caso non si possono superare le 30 tonnellate/ha nel triennio. A parità di condizioni colturali e di apporto organico al terreno, per una valutazione economica si può comparare il compost da RSU al letame. Questo fatto potrebbe, se fosse possibile pervenire ad un livello ottimale di separazione degli inerti alla fonte e se i costi di produzione subissero una ulteriore riduzione, risuscitare nell'agricoltore l'interesse per questi materiali. Attualmente tali costi si aggirano sulle 6.500-10.000 lire per quintale di compost prodotto comprendendo anche il costo (circa il 25-35% del totale) di smaltimento a discarica dei sovvalli. A questi costi vanno aggiunti gli ammortamenti per gli impianti, stimabili in 8.000-16.000 lire/q. Nella migliore delle ipotesi il produttore di compost viene a sostenere oneri di produzione di 15.000 lire/q di prodotto con la prospettiva di un rientro di non più di 2.500 lire/q (valore corrispondente a quello del letame, a parità di sostanza secca). A tali condizioni, al produttore conviene avviare il materiale tal quale in discarica, considerato che questa forma di smaltimento incide per 3.000 lire/q, più altre 800 lire per ogni 10 km di percorrenza.

Se risulta difficoltoso pervenire ad un prodotto per l'utilizzo diretto in agricoltura in pieno campo, non risulta altrettanto difficile pensare ad un compost da RSU come fonte di matrice organica per le industrie produttrici di concimi organici e misto-organici. Questo utilizzo è previsto dalla proposta di decreto applicativo della legge 441/87, messa a punto dal Ministero dell'Ambiente, ma nello stesso tempo non è consentito dalla legge 748/84 sui fertilizzanti, e di riflesso, non accetto dall'industria produttrice di concimi.

I fanghi di risulta dei depuratori urbani :

è indubbio che i fanghi sono dotati di un loro valore intrinseco, dovuto alle unità fertilizzanti in essi contenute e alle qualità ammendanti.

L'interesse per l'utilizzo agricolo di questo materiale è evidente in quegli Enti che gestiscono gli impianti di depurazione e che trovano questa forma di smaltimento più economica rispetto al trattamento termico o alla collocazione in discarica. Risultati di alcune indagini stimano in un 50% il quantitativo di fanghi sversati su terreni agricoli, al di fuori di ogni controllo e di ogni regola agronomica. La dose di fanghi da somministrare per avere un incremento apprezzabile di sostanza organica nei suoli, dovrebbe essere di alcune decine di tonnellate di sostanza secca/ha per anno anche se in realtà tale dosaggio non è ammissibile per via dell'eventuale inquinamento chimico dei suoli dovuto alla presenza dei metalli. In relazione alle caratteristiche dei fanghi prodotti nel nostro Paese, si è visto che non è possibile somministrare più di 10 tonnellate di sostanza secca /ha per anno. Anche in questo caso, i costi di trasporto all'utilizzatore e quelli di trasformazione del fango devono gravare su chi produce rifiuti vale a dire la comunità urbana, mentre il ricevente e utilizzatore del prodotto, a fronte dei costi di spandimento deve solo valutare gli eventuali benefici agronomici, l'effetto concimante o ammendante o entrambi (vedi Tab. 7.1 e relativa nota in calce).

Forma del fango	Costo di trasformazione (1) (lire/t s.s.)	Costo di trasporto (2) (lire/t s.s.)	Costo di distribuzione (lire/t s.s.)	Valore agronomico (3) (lire/t s.s.)
Liquida (5% s.s.)	0	60.000	48.000	26.000
Disidratata (25% s.s.)	57.000	32.000	29.000	33.000
Compostata (60% s.s.)	107.000	22.000	14.000	56.000

Note:

(1) - si intendono i costi di trattamento post - digestione anaerobica;
- i costi per la forma compostata derivano dalla somma dei costi di disidratazione (lire 57.000/t s.s.) e dei costi di compostaggio vero e proprio (lire 50.000/t s.s.).
Quest'ultimo valore, relativamente basso, si riferisce a tecnologie di compostaggio molto semplici, impieganti coformulanti a bassissimo costo (graspi d'uva, cortecce, ecc.);

(2) - per il trasporto dei fanghi liquidi si ipotizza un trasporto con autobotte da 16 m³ entro un raggio di 5 km;
- per il fango disidratato e compostato si ipotizza un costo di trasporto, entro 20 km di distanza, di lire 8.000/t di disidratato al 25% di s.s. (lire 32.000/t s.s.) e di lire 8.000/t di compost al 60% di s.s. e di peso specifico 0,6 (lire 22.000 t/s.s.);

(3) - per il fango in forma liquida si computa il valore agronomico sulla base del contenuto di elementi nutritivi (alla dose di 10 t/ha di s.s.), del coefficiente di utilizzo dell'azoto con somministrazioni primaverili (50%), di un'asportazione del P non superiore a 50 kg/ha;
- per il fango disidratato si apprezza il valore agronomico sulla base del contenuto e dell'efficienza dei nutrienti (lire 14.500 t s.s.) e sul contenuto di s.o. A questa, non essendo essa umificata, viene attribuito un valore pari a 1/3 di quello della s.o. del letame;
- per il fango compostato l'apprezzamento viene fatto considerando unicamente l'effetto ammendante. Viene pertanto attribuita alla s.s. del compost da fanghi lo stesso valore attribuito alla s.s. del letame vaccino.

Tab. 7.1 -Valore agronomico, costi di produzione, di trasporto e di spandimento di fanghi di risulta di depuratori urbani in tre diverse forme (Bonazzi, 1990).

Nel caso di fanghi liquidi e disidratati, all'utilizzatore non risulta vantaggioso lo spandimento in pieno campo (poichè richiedono costi elevati che dovrebbero gravare sul bilancio pubblico) ma l'utilizzo delle forme compostate, anche se a fronte di oneri di distribuzione completamente a proprio carico.

Una certa convenienza a produrre compost da fanghi potrebbe emergere, qualora la destinazione fosse quella stessa indicata per gli RSU, vale a dire verso l'industria produttrice di concimi organici e misto-organici, una volta rimossi gli ostacoli legislativi (legge 748/84) che impediscono l'utilizzo a tali fini di queste matrici organiche.

I liquami suinicoli :

rappresentano, tra le deiezioni animali in genere, i materiali più indicati a far fronte ad una potenziale domanda di concimi organici essendo dotati di un elevato valore fertilizzante. Purtroppo l'areale agricolo in grado di ricevere e assorbire secondo precisi canoni di utilizzazione agronomica tali materiali, solitamente non coincide con le zone a più elevata

concentrazione di allevamenti suinicoli, di conseguenza, lievita il costo di trasporto che ne limita l'eventuale utilizzo agricolo. Tale onere grava sul produttore di liquame per cui le distanze massime di convenienza al trasporto sono determinate dall'incidenza sui costi di produzione del kg di carne. Sul costo di trasporto incidono la percorrenza, la velocità del mezzo, lo stato di percorribilità delle strade e in particolare la concentrazione in sostanza secca dei liquami. Una delle alternative è la proposta di sottoporre i liquami a trattamento di separazione solido-liquido così che la frazione solida, dotata di buone caratteristiche agronomiche, può essere utilizzata direttamente in agricoltura, con oneri a carico dell'allevatore e su terreni anche distanti dall'azienda. Il problema si risolve in parte poiché la frazione solida rappresenta solo il 15-20% del volume del liquame tal quale mentre per il restante 80-85% (frazione liquida) bisogna trovare soluzioni di utilizzo agronomico su terreni vicini al centro aziendale.

Accanto a queste considerazioni volte a convalidare il compostaggio come trattamento biologico che garantisce l'economicità e soprattutto la qualità dei prodotti risultanti, è opportuno evidenziare altri aspetti altrettanto importanti riguardo gli impianti di trattamento e produzione di compost.

Oltre alla efficienza dal punto di vista tecnico, alla base del loro successo risiedono obiettivi ben precisi di altra natura:

- 1) è indispensabile che vi sia richiesta per il prodotto finale;
- 2) è opportuno che non sorga il problema dello smaltimento del compost ;
- 3) è importante scegliere correttamente le matrici compostabili per ottenere un prodotto le cui quantità e qualità soddisfino le richieste del mercato;
- 4) non sottovalutare l'aspetto economico; in caso di impianto pubblico, i costi di processo non devono essere necessariamente e completamente coperti dagli incassi della vendita del prodotto ma risulta accettabile un costo residuo che non superi però quello dello smaltimento dei rifiuti in discarica o nell'inceneritore;
- 5) è richiesta una certa costanza nel monitoraggio della domanda e della offerta del mercato in cui si opera;
- 6) fondamentali risultano quelle strategie di marketing il cui scopo è quello di conquistare la fedeltà del cliente con promozioni e politiche di prezzi.

A questo proposito, il dimensionamento dei prezzi del compost presenta molte incertezze poiché il mercato attuale è dominato da prodotti, come torba o humus naturali peraltro confinati dal loro costo elevato (150-600.000 l/t) ad alcuni usi di vivaismo e floricoltura. In confronto, la produzione locale di compost dai rifiuti, in particolare quelli agrari, permette una maggiore disponibilità di fertilizzanti ed a prezzi compatibili con impieghi agricoli anche estensivi. Le stime relative ai costi di produzione, vengono sintetizzate nella tab.7.2. Il costo della materia prima costituisce un importante variabile in rapporto ai diversi materiali e località,

includendo costi di acquisto (anche se ridotti) accanto a prezzi di conferimento per lo smaltimento dall'impianto.

Compost da rifiuti agrari		Prodotto corrispondente	
Compost	Costo di produzione*(l/tx1000)	Tipo	Costo commerciale (l/tx1000)
immaturo	0-30	prodotti immaturi da RSU e/o fanghi	10-240
matturo	20-80	compost da RSU	150-200
stagionato	25-95	humus natur., torba, vermicompost,	160-800

* La variabilità dipende anche dalla inclusione, o meno, del costo del substrato.

Tab. 7.2 - Costi di produzione del compost da rifiuti agrari confrontati al prezzo dei fertilizzanti organici commerciali. I valori sono espressi in migliaia di l/t. (C.E.S.T.A.A.T., 1990)

Per quanto sia complesso decidere un prezzo di mercato dei compost, è evidente che lo smaltimento della sostanza organica di rifiuto richiede una commercializzazione a prezzi compatibili con l'impiego massale richiesto in agricoltura; è opportuno che prodotti di uso estensivo (compost maturo) siano disponibili per l'agricoltura a prezzi vicini a quelli del letame che si attestano sulle 50.000-80.000 £/t (C.E.S.T.A.A.T., 1990).

Riguardo le possibilità di collocamento del compost da RSU, si evidenziano diverse opportunità:

alcune realtà produttive (anche se poche) hanno avviato programmi di promozione del compost e di sensibilizzazione delle utenze, cui è conseguita una discreta risposta al prodotto da parte del settore agricolo locale, anche se la richiesta si concentra in due periodi dell'anno (autunno e primavera) in rapporto alle concimazioni di pieno campo;

alcune ditte produttrici di ammendanti organici assorbono, in parte, il compost prodotto di alcuni impianti;

in altri casi la produzione è prevalentemente indirizzata al settore vivaistico per la preparazione di letti caldi nel periodo invernale;

in alcune realtà territoriali è utilizzato per il rinverdimento delle superfici destinate a piste da sci.

Nonostante tutto, si registrano condizioni di incertezza e difficoltà in cui versano alcuni impianti nazionali a fronte della scadente qualità dei prodotti ottenuti.

I compost sono commercializzati generalmente allo stato sfuso senza essere sottoposti ad alcun intervento di condizionamento (pellettizzazione, granulazione ecc..).

Il prezzo di vendita del prodotto sfuso varia da £ 6.000/t a £ 50.000/t; alcuni impianti propongono il compost a £ 70.000/t se insaccato e a £ 150.000/t se insaccato e pellettato.

7.1 Situazione attuale e prospettive future

Pur volendo fare ogni tentativo per rilanciarne il mercato, il compost (in particolare da RSU) a priori versa in una posizione molto critica in quanto non solo deve essere in grado di vincere la concorrenza di prodotti già ben affermati presso gli utilizzatori agricoli, ma deve anche recuperare una certa immagine al fine di poter superare lo scetticismo e le diffidenze ormai inculcati negli agricoltori che respingono qualsiasi prodotto originato da rifiuti; la loro presa di posizione è giustificata dai risultati ottenuti dopo anni di spandimento incontrollato di un prodotto di natura non ben definita.

Il parametro basilare per definire gli sbocchi sul mercato del compost è rappresentato dalla verifica della sua eventuale sostituibilità tecnica agli ammendanti tradizionali.

La richiesta di quest'ultimi è notevole ma, per i vincoli ambientali che si fanno sempre più restrittivi, la domanda di ammendanti derivati da rifiuti si è sempre più limitata a prodotti di elevata qualità (basso tenore di metalli pesanti e di contaminanti inerti). Del resto è tutt'altro che semplice ottenere un certo ammendante dalla selezione a valle della raccolta dei rifiuti solidi indifferenziati; le esperienze di raccolta differenziata della frazione organica da utenze selezionate non sono in grado per ora di confermare l'ottenimento di compost di qualità attraverso questa via; l'unico risultato positivo si ottiene dal compostaggio dei rifiuti ligno-cellulosici (sfalci, potature e rifiuti da attività di giardinaggio).

Il valore di mercato è legato quasi esclusivamente alla qualità del prodotto finale che deve poter sostituire i prodotti naturali (torbe e letame) nel rispetto dei limiti di concentrazione di contaminanti come previsto dalla normativa vigente; è legato inoltre ai costi per il trattamento del prodotto che variano da un massimo di 80-150 £/kg per impianti di piccole potenzialità ad un minimo di 45-60 £/kg per impianti di grande potenzialità.

Amnesso che, il risparmio per mancato smaltimento in discarica della frazione convertita in prodotto venduto copra i maggiori costi di raccolta, il prezzo del compost deve corrispondere a quello sostenuto per il trattamento;

tenendo presente che il mercato degli ammendanti è caratterizzato da prezzi intorno a 280-340 £/kg (torba sfusa miscelata a letame o compost di qualità di provenienza tedesca o olandese), si deduce che la trasformazione in compost è tecnicamente ed economicamente valida purchè l'offerta non superi mai la domanda del mercato.

Una volta confermata l'efficienza del compostaggio e garantita la qualità del prodotto finale, il passo successivo da fare (abbastanza complesso) è quello finalizzato a riconquistare la fiducia degli utilizzatori del compost; è opportuno definire un sistema di certificazione di qualità in linea con le tendenze comunitarie per diffonderlo a livello nazionale:

“ il sistema di (*ecolabelling*) etichettatura ecologica per ammendanti non torbosi, tra i quali il compost, che è stato messo a punto per la Comunità Europea dal UK Ecolabelling Board nel 1993 ed approvato nel marzo 1994, stabilisce (Regolamento CEE 880/92) che per ogni gruppo di prodotti vengano valutati gli impatti ambientali delle seguenti fasi di vita del prodotto: pre-produzione, produzione, distribuzione, utilizzazione e smaltimento.

I lavori del comitato tecnico TC 223 CEN (Comité Européen de Normalisation) che sta predisponendo gli standard europei per gli ammendanti ed i substrati, al fine di facilitarne il

commercio, hanno già stabilito criteri comuni di qualità, metodi analitici e di etichettatura; il documento finale sarà pronto entro il 1996.

Il sistema di *ecogestione e audit* (Regolamento CEE 1836/93) che entrerà in vigore nel 1995 prevede che, aderendo al progetto, l'impresa è disposta a sottoporsi a controlli di qualità ambientale del prodotto e del processo produttivo: è questa la linea adottata anche in Italia dal Consorzio Italiano Compostatori ” (R. Canziani, M. Sperandio, 1994).

La legge italiana non ha curato molto i parametri agronomici e si è rivolta in particolare alla valutazione della compatibilità ambientale del compost;

la stessa L.748/84 che norma la commercializzazione dei fertilizzanti per l'agricoltura, definisce solo le caratteristiche di base del prodotto in relazione al suo impiego come ammendante in pieno campo (umidità, sostanza organica, contenuto in macroelementi, rapporto C/N) ma evita ogni differenziazione in relazione ai parametri analitici di maggiore interesse in settori ad alta specializzazione. Ciò conferisce debolezza alla proposta commerciale di materiali compostati nei confronti di altri mezzi tecnici (soprattutto le torbe) la cui valutazione da parte degli operatori è anzitutto e dettagliatamente agronomica e di cui si mette in risalto la costanza delle forniture e l'omogeneità delle partite (E. Favoino, M. Centemero, 1994).

E' richiesta quindi una offerta di materiale compostato con caratteristiche e proprietà agronomiche specifiche in relazione ai diversi settori di impiego; il tutto può essere realizzato con un sistema di certificazione da individuare in un marchio di qualità differenziato per ogni ambito di impiego agronomico.

Questa ipotesi è già stata messa in pratica, con esito positivo, in alcuni paesi esteri; in Francia l'ANRED (Agenzia Nazionale per il Riciclaggio dei Rifiuti) ha istituito un marchio di qualità in base al quale si distinguono due categorie di compost, al fine di incentivare sia i produttori che i progettisti degli impianti ad un progressivo miglioramento della qualità del prodotto. Nonostante tutto, ancora permangono perplessità tra gli agricoltori secondo cui i requisiti qualitativi richiesti per la concessione del marchio sono ancora troppo permissivi e i costi per i diritti d'uso dello stesso non sono bilanciati da miglioramenti qualitativi e di vendita.

Sembra invece confermato il successo dell'iniziativa tedesca anche se simile a quella francese; l'Associazione Federale per la Qualità esercita il controllo e la certificazione di qualità (marchio RAL) sulla maggior parte delle iniziative per il compostaggio di biomasse selezionate; in Germania la costanza dei controlli rappresenta la garanzia della qualità che ha permesso il decollo del mercato di prodotti compostati.

Da queste considerazioni origina la recente iniziativa del Consorzio Italiano Compostatori (CIC).

7.2 Il CIC e il suo marchio di qualità

Il Consorzio Italiano Compostatori riunisce aziende ed enti pubblici e privati allo scopo di coordinare e promuovere la produzione di compost di qualità controllata; si avvale del supporto di un Comitato Tecnico Scientifico, i cui componenti sono i maggiori esperti del settore a livello nazionale, che aggiorna continuamente i suoi parametri scientifici per restare al passo con lo sviluppo tecnologico e con le eventuali variazioni legislative.

Il Consorzio promuove programmi di ricerca indirizzati alla sperimentazione di nuove modalità di compostaggio, alla messa a punto di nuove metodologie di laboratorio e alla verifica di nuovi prodotti.

Ogni composto, per il quale si richiede il Marchio, viene esaminato considerando la qualità delle frazioni organiche in ingresso, le operazioni meccaniche di trasformazione (cernita, miscelazione, macinazione, ecc.) e le caratteristiche biochimiche e agronomiche dei prodotti ottenuti. I composti di qualità, dichiarati idonei dai laboratori convenzionati o autorizzati dal Consorzio, sono legalmente classificati come ammendanti o fertilizzanti biorganici e pertanto in grado di sostituire torba, letame e concimi.

Il CIC inoltre, intende favorire l'incontro tra domanda e offerta soprattutto diffondendo la conoscenza del prodotto presso i potenziali utilizzatori e cercando di consolidare il concetto di "qualificazione agronomica delle iniziative di compostaggio".

Il Regolamento per la Qualità del CIC, a norma dell'articolo 2 dello stesso, prevede che la certificazione di qualità debba:

- "rispettare i limiti di qualità ambientale previsti dalla proposta di legge per la revisione della L.748/84 allo scopo di rientrare comunque nel regime di libera commercializzazione, presupposto di fondo del ruolo del consorzio";

- "verificare il rispetto di ulteriori livelli di sicurezza ambientale mediante l'applicazione di punteggi di merito";

- "istituire una certificazione di qualità agronomica differenziata per tipologia di prodotti".

Per la valutazione della *qualità ambientale*, per quanto concerne la presenza di elementi potenzialmente inquinanti, vengono considerati due valori di riferimento intesi come "valore guida"(VG) e "valore massimo"(VM) di contenuto in metalli pesanti nel cui range, col concorso di due valori intermedi V1 e V2, si individua una scala di punteggi di compatibilità ambientale, uno per ogni elemento, la cui somma individua la qualità ambientale del prodotto.

In tab. 7.3 vengono riportati diversi elementi divisi in due classi di pericolosità (classe A per Cd, Pb, Ni; classe B per Cu e Zn), soggette a differenti punteggi che sono più alti per la classe A che per la B; con tale sistema di punteggio il compost certificato ottiene un punteggio di qualità ambientale compreso tra 4 e 10; il marchio di elevata qualità ambientale sarà apposto al materiale rientrante nelle classi di qualità ambientale più restrittive ovvero con punteggi ambientali più elevati.

Tab. 7.3 - Sistema di punteggio di qualità ambientale proposto dal CIC. A punteggi ambientali elevati (fino a 10) corrispondono compost con minor contenuto di metalli pesanti (R. Canziani, M. Sperandio, 1994).

elementi	VG: 2,5 1,25 punti per B	V1: 2,0 1,0	V2 : 1,5 0,75	VM : 1,0 0,5
Elementi di classe "A"	Concentrazioni nel compost (mg/kg SS)			
Cd	1,0	1,5	2,2	3,0
Ni	35	50	75	100
Pb	70	100	135	170
Elementi di classe "B"	Concentrazioni nel compost (mg/kg SS)			
Zn	300	400	700	1000
Cu	70	100	200	300

Nota:

VG: Valore guida; VM: valore massimo; V1 e V2 valori intermedi di riferimento

Per la *qualità agronomica* propone marchi diversi a seconda dell'utilizzo dei materiali: se da usare nella vivaistica come substrati per le coltivazioni in contenitore, come ammendante in pieno campo, nella costruzione del verde pubblico, in orticoltura ed in serra.

In tab. 7.4 sono riportati i parametri agronomici da dichiarare e soggetti ad un controllo analitico.

Tab. 7.4 - Parametri per l'ottenimento del marchio di qualità agronomica del compost secondo il CIC (R. Canziani, M. Sperandio, 1994).

parametri da valutare	U.M.	substrato	ammendante
MATERIE PRIME	-	dichiarazione	-
UMIDITÀ	% s.t.q.	<45 (35 per insacchettamento)	<45
C/N	-	<30 (<25 per ACM*)	<25
PARAMETRI IDROLOGICI			
- Grado di restringimento	% volume	20	-
- Porosità totale	% volume	85	-
- Porosità libera (o)	% volume	20	-
- Cap. di ritenzione idr. (pF1)	% volume	55	-
SALINITÀ (come conducibilità)	mS/cm	<1,5	-
SAGGI BIOLOGICI:			
- Indice di germinazione (IG)	%	>70	>40
- Indice di accrescimento (GM) (da rilevare se IGF)	%		>100
MACROELEMENTI (N,P,K)	% s.s..	dichiarazione	dichiarazione
SOST. ORGANICA (COB x 1,724)	% s.s.	>40	>40
pH	-	dichiarazione	-

Nota:

* ACM = "ammendante compostato misto", come definito dalla proposta di revisione degli allegati tecnici alla L. 748/84; è in sintesi un materiale compostato proveniente da matrici miste, vegetali ed animali (a differenza dell' "ammendante compostato vegetale", proveniente da sole matrici vegetali).

Un altro obiettivo da raggiungere è rappresentato dalla realizzazione di un servizio di promozione del compost per mezzo di una specialistica informazione che stimoli i protagonisti di questo mercato a potenziare le relazioni commerciali. Per questo è opportuno curare l'immagine del compost presso le utenze specializzate (agricoltura biologica, florovivaistica, ecc.) attraverso veicoli di informazione (Sportelli Informativi Regionali, Scuole agrarie, informatori agrari) o anche per mezzo di dimostrazioni pubbliche presso le aziende agricole, tramite fiere e convegni ove dare tutte le direttive per un migliore utilizzo del compost (modalità, dosi, consigli vari, ecc..).

E' inoltre importante costituire un'unica banca dati sulla produzione di rifiuti compostabili, sulle esperienze di promozione in atto, sulla domanda e offerta di prodotti compostati, sugli impianti funzionanti e sulle sperimentazioni in atto.

Questi sono i presupposti fondamentali dell'attività di promozione svolta dal CIC.

BIBLIOGRAFIA

AA. V.V. (1992). *Metodo di analisi dei compost.* Regione Piemonte - Collana Ambiente n. 6, Torino 1992.

Barazzetta, G. R. (1987). *Il processo di compostaggio dei rifiuti solidi urbani e dei fanghi di depurazione biologica: note di processo.* Acqua-Aria, 4; 465-471.

Barberis, R. (1994). *Metodologie e tecnologie per la produzione di compost di qualità.* Atti delle giornate di studio: "Compost - Dai rifiuti una risorsa per l'agricoltura". Forlì 14-15 Aprile 1994.

Barberis, R., Consiglio, M., Nappi, P., (1988). *Criteri per la valutazione della qualità dei compost - Parametri chimici.* Acqua-Aria, 2; 157-164.

Barberis, R., Panzia Oglietti, A. (1994). *La produzione di compost di qualità - Aspetti tecnologici.* Atti del Convegno "Produzione di compost di qualità: criteri di scelta, aspetti tecnologici ed organizzativi". Padova, 24 Giugno, 1994.

Bonazzi, G. (1990). *Utilizzazione in agricoltura di alcuni prodotti di scarto agricoli ed extra-agricoli.* L'informatore Agrario, 5; 39-43.

Canziani, R., Sperandio, M., (1994). *Aspetti economici e di mercato del compost.* Atti delle giornate europee di studio sull'ambiente: "Ingegneria della trasformazione in compost". Bari, 26-27 ottobre 1994.

C.E.S.T.A.A.T., (1990). *Impieghi di sottoprodotti agricoli ed agroindustriali.* Vol. 2.

Cini, E., Cioni, A., Maracchi, G., (1988). *Il compost da residui solidi urbani: problemi connessi all'utilizzo in agricoltura.* L'informatore Agrario, 46; 51-54.

Cossu, R., Muntoni, A., Zorzi, G., Silvestri, S., (1992). *Produzione di compost in Italia.* Atti II Forum Internazionale: "Recupero di Risorse dai Rifiuti". Imola, 21-24 settembre 1992.

de Bertoldi, M., (1992). *Sistemi pratici di compostaggio - scelte impiantistiche e processistiche.* Acqua-Aria, 10; 977-982.

De Poli, F. *Compostaggio delle deiezioni zootecniche.* Rapporto ENEA - Dipartimento Ingegneria Ambientale -AMB ING COBI.

Favoino, E., Centemero, M., (1993a). *Il compostaggio dei residui della manutenzione del verde: qualità agronomica e possibilità di impiego.* ACER 5; 57.

- Favoino, E., Centemero, M. (1994).** *Valorizzazione Agronomica e commerciale del compost di qualità: gli spazi tecnici ed economici, le prospettive.* Atti del convegno: “ Rifiuti - dall'emergenza alla pianificazione ”. Vercelli, 8 Aprile, 1994.
- Ferrari, G., Prati, L. (1994).** *Le matrici organiche: criteri di scelta e fonti di approvvigionamento per la produzione di compost di qualità.* Atti del Convegno “Produzione di compost di qualità: criteri di scelta, aspetti tecnologici ed organizzativi “. Padova, 24 Giugno, 1994.
- Frassinetti, S., Pera, A., (1988).** *Dinamica della microflora patogena in un processo di compostaggio.* *Acqua - Aria*, 3; 347-351.
- Frilli, F. (1994).** *Le nuove iniziative imprenditoriali per il compostaggio di qualità.* Atti del Convegno “ Produzione di compost di qualità: criteri di scelta, aspetti tecnologici ed organizzativi “. Padova, 24 Giugno, 1994.
- Gobbi, L., Cappelli, L., Iannucci, E. (1989).** *Considerazioni sul problema dei rifiuti - Nota II - I rifiuti solidi urbani.* *Rassegna chimica* 6; 293-302.
- Maniatis, K., Ferrero, G.L. (1992)** *Risultati e prospettive per gli impianti di compostaggio realizzati come attività dimostrative della CEE.* *Acqua-Aria*, 10; 969-987.
- Mezzanotte, V. (1987).** *Uso agricolo dei fanghi urbani digeriti e compostati.* *Rifiuti solidi* 1,1; 46-93.
- Nappi, P., Vincenzo, E., Barberis, R. (1990).** *Criteri per la valutazione della qualità dei compost - Parametri biologici.* *Acqua-Aria*, 3; 261-268.
- Petruzzelli, G. (1992)** *La problematica dei metalli pesanti nel compost.* *Acqua-Aria*, 10; 989-993.
- Petruzzelli, G. (1994).** *Apporti con il compost di metalli pesanti ai terreni agrari ed effetti di lungo periodo.* Atti delle giornate di studio: “ Compost - Dai rifiuti una risorsa per l'agricoltura ”. Forlì 14-15 Aprile, 1994.
- Picci, G., Ferrari, G. (1992).** *La produzione di compost di qualità - Esperienze in atto ed aspetti microbiologici.* 4° Seminario “ Il trasferimento della ricerca ambientale nell'innovazione dei servizi ”. Roma 6 novembre, 1992.
- Pinamonti, F., Cristoforetti, A., Gasperi, F., Silvestri, S., Zorzi, G. (1994).** *Valorizzazione agronomica e commerciale del compost.* Atti del convegno “Produzione di compost di qualità: criteri progettuali, tecnologici ed organizzativi”, Padova, 24 Giugno 1994.
- Sorace, G. (1992).** *Il progetto compost verde della Fiorentinambiente.* Rapporto su: “ La produzione di compost di qualità - Esperienze in atto ed aspetti microbiologici.” Fiorentinambiente, Novembre, 1992.
- Spinosa, L. (1994).** *Gestione integrata dei rifiuti: ruolo del compostaggio.*

Atti delle giornate europee di studio sull'ambiente: "Ingegneria della trasformazione in compost". Bari, 26-27 ottobre 1994.

Trombetta, A., Barberis, R. (1989). *Aspetti tecnici e normativi dei sistemi di compostaggio dei rifiuti.* Acqua-Aria, 1; 51-56.

Trombetta, A., Zorzi, G., Silvestri, S. (1992). *Aspetti programmatici, legislativi e gestionali per la collocazione del compost.* Acqua-Aria, 10; 1007-1019.

Vallini, G., Pera, M., Valdrighi, M. (1994). *Biostabilizzazione ossidativa della sostanza organica: ecologia microbica e gestione biotecnologica del processo di compostaggio.* Atti delle giornate europee di studio sull'ambiente: "Ingegneria della trasformazione in compost". Bari, 26-27 ottobre 1994.

Vigna Guidi, G. (1992). *Effetti del compost sulle proprietà fisiche del terreno.* Acqua-Aria, 10; 983-987.

Vismara, R., Darriulat, C. (1994) *Normativa sul compost e sul suo impiego in agricoltura.* Atti delle giornate europee di studio sull'ambiente: "Ingegneria della trasformazione in compost". Bari, 26-27 ottobre 1994.

Zerbini, S. (1993). *Il compostaggio dei residui della manutenzione del verde: alcune premesse sul processo di compostaggio e la qualità dei prodotti.* Acer 1; 54-55.

Zorzi, G. (1990). *La produzione di compost da rifiuti solidi urbani in Italia.* Acer 2; 25-31.

Zorzi, G., Gasperi, F., Silvestri, S. (1994). *Aspetti normativi e linee generali per la valorizzazione dei rifiuti organici attraverso il compostaggio.* Atti delle giornate di studio: "Compost - Dai rifiuti una risorsa per l'agricoltura". Forlì 14-15 Aprile 1994.

Zorzi, G., Pinamonti, F., Gasperi, F., Cristoforetti, A., Nardelli, P., Condioli, C. (1992). *Impiego agricolo del compost.* Acqua-Aria. 10; 995-1004.

Zorzi, G., Urbini, G. (1994). *Stato dell'arte e prospettive del compostaggio in Italia e negli altri Paesi Europei.* Atti delle giornate europee di studio sull'ambiente: "Ingegneria della trasformazione in compost". Bari, 26-27 ottobre 1994.

DPR 10/9/1982 n. 915, *Attuazione delle Direttive CEE n.75/442 relativa ai rifiuti, n.76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e policlorotrifenili e n.78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi,* in G.U. della Repubblica Italiana n. 343 del 15 dicembre 1982.

Deliberazione 27/7/1984 del Comitato interministeriale di cui all'art.5 del DPR 915/82, *Disposizioni per la prima applicazione dell'art.4 del Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti,* in Supplemento ordinario n. 52 della G.U. della Repubblica Italiana n. 253 del 13 Settembre 1984.

Legge 19/10/1984 n. 748, *Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti*, in Supplemento ordinario n. 64 della G.U. della Repubblica Italiana n. 305 del 6 Novembre 1984 e successive modificazioni ed integrazioni.

DL 27/1/1992 n. 99, *Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura*, in G.U. della Repubblica Italiana n.38 del 1992.

