

## STUDIO CHIMICO DI ECOLOGIA

Dott. SANTO PERRONE

73100 LECCE - Via Principi di Savoia, 32

Tel. 0832 / 40160 - Fax 0832 / 42493

STUDIO DI CONSULENZA  
ECOLOGICA E DI VALUTAZIONE  
D'IMPATTO AMBIENTALE

CAMPIONATURA  
ANALISI DI LABORATORIO  
TRATTAMENTO

### ACQUE

a) civili (potabilità e potabilizzazione ai sensi del DPR 236 / 1988); b) industriali (per impianti termici, ecc...); c) di scarico ai sensi del DPR 319 / 76; d) irrigue (idoneità).

### RIFIUTI

a) urbani; b) assimilabili agli urbani; c) speciali (DM 25 / 05 / 89 Min. Amb.); d) tossici e nocivi (DPR 915 / 89 Delibera C.L. 27 / 07 84 - DM 26 / 04 / 89).

### TERRENI

caratterizzazione agronomica, caratterizzazione come recapiti di smaltimento liquami e tanghi.

### MERCÌ PERICOLOSE

classificazione e schede tecniche.

### AERIFORMI

emissione / immissione da sorgenti convogliate e diffuse; pericolosità per uso di fiamma in locali confinanti e ambienti di lavoro e prescrizioni per interventi correttivi.

- VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADEGUAMENTO AZIENDALE A LEGGI E REGOLAMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA E IGIENE AMBIENTALE.
- CONSULENZE PORTUALI E IN AMBIENTI PERICOLOSI PER INTERVENTI CON O SENZA USO DI FIAMMA.

Da ed in lingua inglese; corrispondenza di interesse aziendale e commerciale; traduzione simultanea.

### TRADUZIONI

REGIONE PUGLIA

Atti del Convegno:



## LINEE GUIDA PER UNA CORRETTA GESTIONE DEL PROBLEMA RIFIUTI

25/26/27 Ottobre 1990  
LECCE - HOTEL PRESIDENT

  
STUDIO CHIMICO  
DI ECOLOGIA  
Dott. SANTO PERRONE

1° Convegno di Terra d'Otranto

## LINEE GUIDA PER UNA CORRETTA GESTIONE

DEL PROBLEMA RIFIUTI

Lecce, 25 - 27 Ottobre 1990

### *Esperienze e considerazioni sul compostaggio*

Aspetti igienico sanitari, utilizzazione e commercializzazione del compost

G. Zorzi, S. Silvestri, A. Cristoforetti

Istituto Agrario Provinciale

San Michele all'Adige (TN)

Relatore: G. Zorzi

#### SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE IN ITALIA.

Se da un lato i rifiuti costituiscono una massa ingente di materiale inquinante che deve essere eliminata con idonee soluzioni igienico-sanitarie, a costi accettabili per la comunità, dall'altro essi contengono alcune componenti che possono essere riutilizzate, direttamente o dopo trasformazione, nei cicli produttivi come materie seconde.

La sostanza organica biodegradabile, pur presente nei RSU in misura costantemente decrescente in relazione alle altre componenti merceologiche (mediamente dal 25% al 35% del peso complessivo), costituisce in ogni caso una frazione di tutto rilievo che può essere valorizzata attraverso il compostaggio, per la produzione di ammendanti organici da impiegare nei settori agricolo ed ambientale.

Attraverso questo processo si persegue, tra l'altro, la strategia di favorire l'introduzione di forme di smaltimento di tipo "conservativo", incidendo in misura significativa sulla quantità complessiva di rifiuti da smaltire e sulla loro composizione, con conseguente separazione di una frazione tra le più problematiche anche

per sistemi alternativi o complementari (discarica, termocombustione).

A fronte del fabbisogno crescente di sostanza organica dei terreni agricoli, con particolare riferimento a quelli di realtà territoriali e di comparti agrari ove più intensa è la mineralizzazione della componente organica dei suoli (climi temperato-caldi, terreni a tessitura sabbiosa, coltivazioni in coltura protetta) e alla luce delle molteplici iniziative volte al recupero di aree degradate o alla costituzione di superfici a verde pubblico, (settori questi che assorbono elevate quantità di fertilizzanti organici), si ritiene che potenzialmente possano esistere elevate opportunità di collocazione dei composti prodotti negli impianti di trattamento nazionali.

Occorre però registrare che, fatta eccezione per alcune isolate realtà produttive che stanno esercitando lodevoli sforzi, tra l'altro a costi decisamente elevati, per una migliore definizione del sistema processistico, il compost prodotto è in genere per molti aspetti scadente e non collocato in agricoltura. Tra le cause dei numerosi insuccessi vanno annoverate le materie prime trattate, le tecnologie e metodologie adottate, l'inefficienza gestionale, le scarse conoscenze tecnico-scientifiche nei settori biochimico ed agronomico a livello di impianto.

Si vanno così affermando sempre più alcuni orientamenti mirati al trattamento di soli rifiuti selezionati all'impiego di tecnologie affidabili con rigorosi controlli di processo, alla verifica accurata della qualità dei prodotti che, nel rispetto delle attuali disposizioni di legge (DPR 915/82), deve essere perseguita in funzione dei differenti utilizzi agronomici.

In questa fase di revisione delle impostazioni sinora seguite, si ritiene necessario o quanto meno opportuno il supporto tecnico di istituzioni di ricerca qualificate nel settore, che possano costituire un punto di riferimento per l'amministrazione pubblica, per i progettisti, per le imprese e per gli enti gestori, sia nelle fasi di programmazione, realizzazione e conduzione degli impianti, sia in quella di promozione commerciale e di applicazione agronomica dei composti ottenuti.

Se è pur vero che attualmente sono in essere sul territorio nazionale alcune collaborazioni sulla base dei principi esposti, si deve anche constatare che esse sono state avviate solamente in tempi successivi alla realizzazione degli impianti (tra l'altro quasi sempre con molto ritardo, quale conseguenza di una serie di carenze del sistema produttivo che avevano portato alla mancata collocazione dei composti

per l'insoddisfacente qualità dei materiali estati.

Appare inoltre non meno importante che ogni programma produttivo venga impostato tenendo conto delle esigenze specifiche della realtà agricola locale, delle eventuali situazioni di dissesto del territorio e delle estensioni delle aree destinate a verde pubblico. Tutto ciò presuppone la piena conoscenza del modello agricolo che caratterizza le aree di influenza dell'impianto (indirizzi colturali, superfici investite, concimazioni praticate, etc.), nonché la verifica dei programmi di recupero ambientale promossi dall'amministrazione pubblica e più in generale degli indirizzi di pianificazione territoriale strettamente connessi all'aspetto paesaggistico.

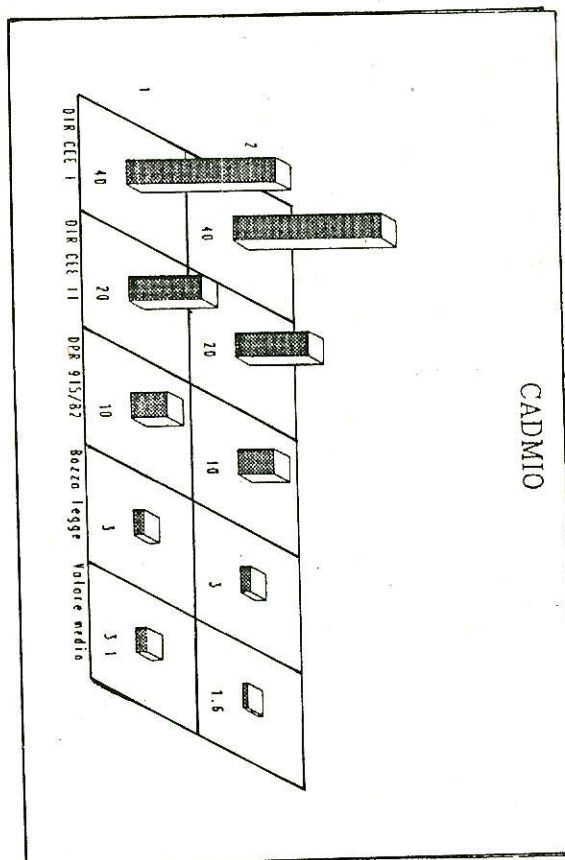
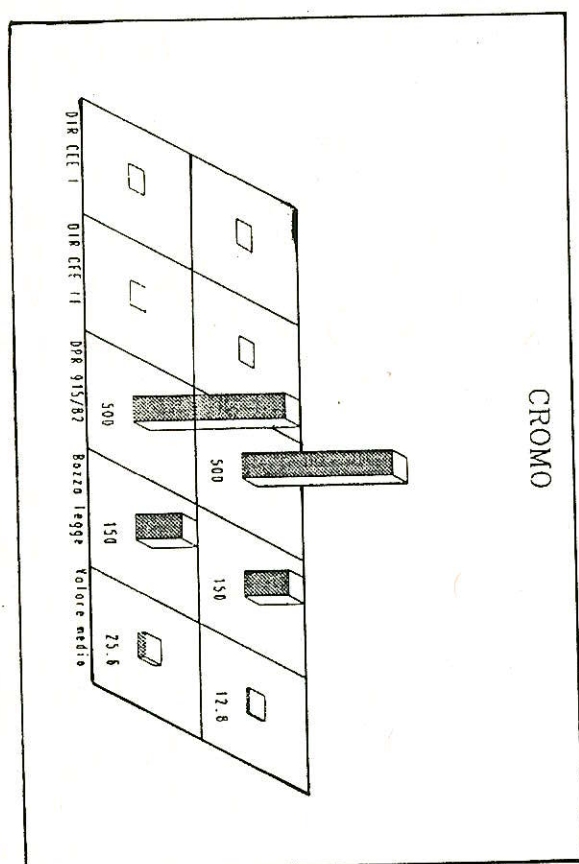
L'acquisizione preventiva ed il controllo nel tempo degli elementi indicati può consentire la stima delle quantità di composti potenzialmente collocabili e la definizione della qualità dei prodotti da ottenere. E' facile rilevare, per contro, un percorso diametralmente opposto che conduce alla costruzione degli impianti, per ovvie esigenze di smaltimento dei rifiuti, e successivamente all'affannosa conquista di un mercato, che difficilmente si concretizza per l'inadeguata attività programatoria svolta. Si vuole in altri termini dare giusto rilievo al momento produttivo in un'ottica di pervenire ad un più equilibrato rapporto tra due ordini di problemi: l'esigenza di fertilizzanti organici di elevata qualità, da un lato, e la necessità di smaltire rifiuti, dall'altro. Questo significa, in termini generali, fissare in primo luogo idonei standards qualitativi dei composti in funzione degli impieghi accertati, identificare attraverso una rigorosa e costante caratterizzazione analitica le materie prime da impiegare nel processo produttivo, stimarne l'influenza sulla qualità dei prodotti finiti in base alla presenza ponderale di ciascuno di essi nelle masse da trattare, inviare al compostaggio esclusivamente i rifiuti che consentono di raggiungere gli obiettivi qualitativi prefissati.

A titolo esemplificativo viene riportato in tab. I il quadro analitico di fanghi civili provenienti da 10 impianti di depurazione caratterizzati ripetutamente nel tempo, e trattati in un'unica piattaforma di compostaggio; da esso è possibile rilevare il carico medio di elementi contaminanti dell'insieme, valutato sulla base dei quantitativi di fango conferiti da ogni unità di depurazione. Nelle tavole 1, 2, 3 sono messi a confronto per ciascun inquinante i valori consigliati e imposti dalla normativa CEE per l'impiego dei fanghi, dal DPR 915/82 per l'applicazione dei

Tab. 1 CARATTERIZZAZIONE ANALITICA FANGHI URBANI CONFERITI ALL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DI ISCHIA PODETTI

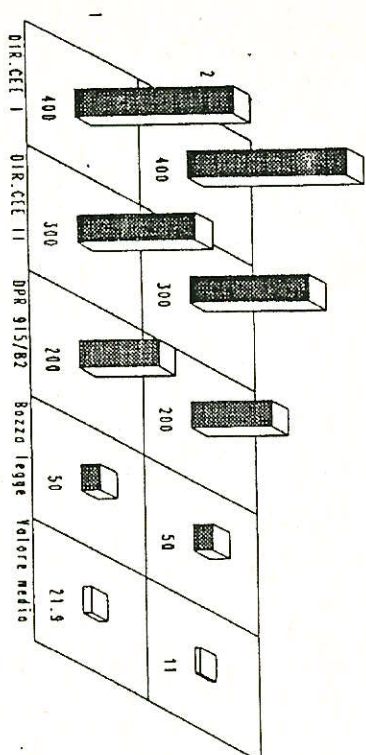
| ELEMENTI OSSERVATI |       | N' CAMP | MEDIA ARITMETRICA | DEVIAZIONE STANDARD | VALORI min. | OSSERVATI max. | LIMITI FIDUCIALI min. (P=005) | max.  | MEDIA PONDERALE |
|--------------------|-------|---------|-------------------|---------------------|-------------|----------------|-------------------------------|-------|-----------------|
| S.S.               | %     | 88      | 19.66             | 3.71                | 13.60       | 30.00          | 18.87                         | 20.44 | 20.26           |
| AZOTO              | "     | 9       | 3.52              | 0.84                | 2.43        | 4.56           | 2.87                          | 4.16  | ---             |
| TOC                | "     | 9       | 25.91             | 4.51                | 16.72       | 30.98          | 22.44                         | 29.38 | ---             |
| FOSFORO            | "     | 96      | 1.84              | 0.66                | 0.84        | 5.72           | 1.70                          | 1.97  | 1.72            |
| POTASSIO           | "     | 96      | 0.33              | 0.19                | 0.08        | 1.11           | 0.30                          | 0.37  | 0.26            |
| CALCIO             | "     | 95      | 5.12              | 2.70                | 1.04        | 13.79          | 4.57                          | 5.67  | 5.78            |
| MAGNESIO           | "     | 94      | 0.75              | 0.30                | 0.08        | 2.07           | 0.69                          | 0.81  | 0.73            |
| FERRO              | mg/kg | 77      | 8117              | 7717                | 2314        | 44929          | 6366                          | 9869  | 7248            |
| MANGANESE          | "     | 95      | 232               | 198                 | 27.0        | 771            | 192                           | 272   | 215             |
| RAME               | "     | 103     | 350               | 239                 | 95          | 1022           | 304                           | 397   | 384             |
| ZINCO              | "     | 103     | 1195              | 596                 | 429         | 3710           | 1079                          | 1312  | 1251            |
| NICHEL             | "     | 104     | 17.9              | 14.5                | 5.0         | 146            | 15.1                          | 20.7  | 19.9            |
| PIOMBO             | "     | 103     | 144               | 66                  | 5.0         | 361            | 131                           | 157   | 149             |
| CADMIO             | "     | 102     | 3.5               | 2.1                 | 0.0         | 10.0           | 3.1                           | 3.9   | 3.4             |
| CROMO              | "     | 103     | 29.1              | 16.6                | 1.0         | 97             | 25.8                          | 32.3  | 31.5            |

La media ponderale è stata calcolata sulla base dei quantitativi di fanghi conferiti alla piattaforma di compostaggio da 10 impianti di depurazione (dati relativi al periodo luglio '89 - giugno '90).

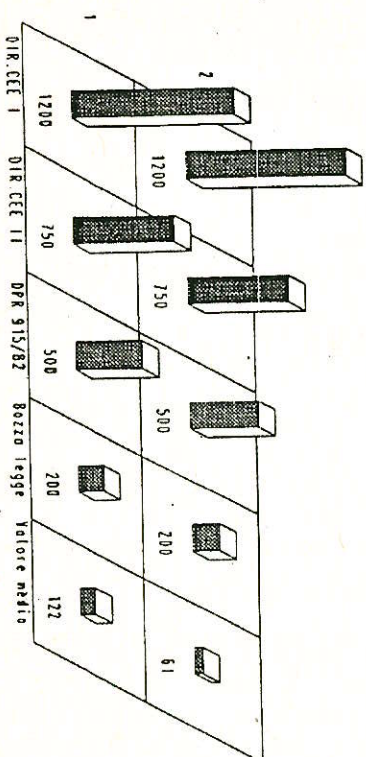


TAV. 1

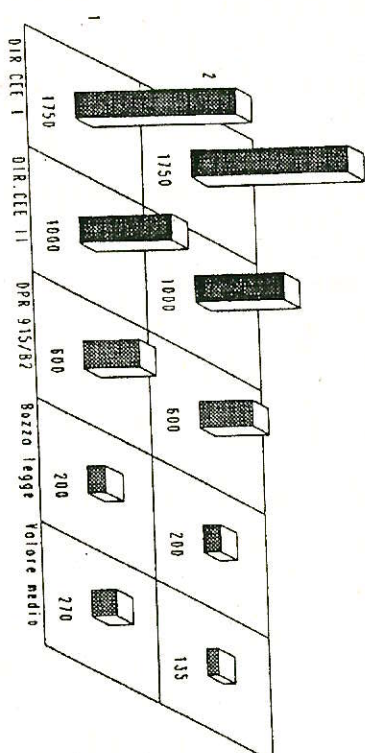
## NICHEL



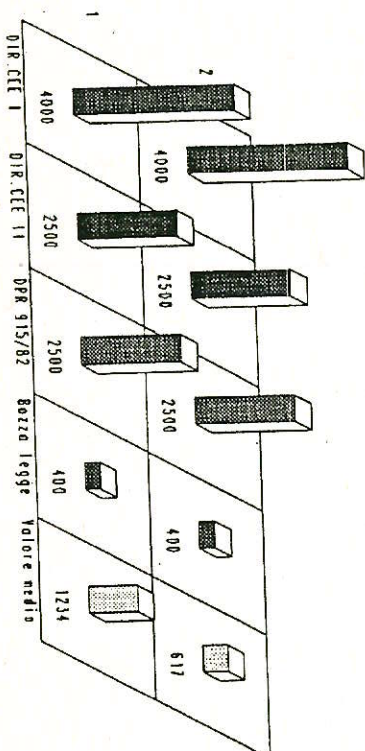
## PIOMBO



## RAME



## ZINCO



compost, dalla bozza di legge che il Ministero dell'Ambiente sta predisponendo in materia di qualità, uso e commercializzazione del compost, ed i contenuti di 44 campioni di fango (sezione 1 del grafico) nonché quelli previsti nel prodotto finito in relazione all'integrazione con residui lignocellulosici, secondo un rapporto di miscelazione ampiamente sperimentato di 1,8:1 v/v a favore dei materiali carboniosi (sezione 2 del grafico). La stima del presunto livello di metalli pesanti nel compost è resa possibile dalle numerose verifiche analitiche effettuate sui materiali in ingresso e su quelli in uscita dall'impianto. Con questa impostazione si ritiene di poter meglio valutare l'accettabilità o la convenienza al trattamento di determinate tipologie di rifiuti, fissandone in misura più adeguata i volumi da trattare, in funzione di un miglioramento qualitativo dei compost prodotti o quanto meno di un mantenimento di caratteristiche qualitative già sufficienti.

E' da tenere anche presente che l'accettabilità del compost da parte degli operatori agricoli passa necessariamente attraverso una riduzione sostanziale del contenuto di inerti, in particolare plastica e vetri, e del tenore di elementi contaminanti, specificamente metalli pesanti. Allo stesso tempo i prodotti devono essere igienizzati e possedere elevate proprietà agronomiche.

Considerando che la presenza di elementi indesiderati varia in funzione del loro contenuto nelle materie prime e dell'efficienza delle tecnologie impiantistiche di preselezione e di raffinamento introdotte, si sostiene di privilegiare innanzitutto il trattamento di rifiuti organici provenienti da raccolte differenziate o più in generale di quelli risultati idonei al controllo analitico. In secondo luogo, di prevedere l'integrazione della frazione organica dei RSU, separata meccanicamente in impianto, con materiali nobili come i residui agricoli, gli scarti dell'industria del legno, le potature del verde pubblico, i rifiuti dell'agro-industria, etc. che, come è noto, contribuiscono ad elevare le caratteristiche chimiche fisiche ed agronomiche dei prodotti. Infine, evitare la frantumazione troppo spinta dei rifiuti, elevare l'efficienza dei dispositivi di raffinamento finale attraverso una più adeguata maturazione dei prodotti ed un miglior controllo dell'umidità degli stessi, introdurre sistemi di igienizzazione in preselezione volti ad allontanare le frazioni più fini (granulometria inferiore a 10 mm) nelle quali sono maggiormente concentrati alcuni metalli pesanti (es. Pb) o inerti difficilmente separabili a fine processo (sabbia, ceramiche, etc.).

Un'analisi critica della realtà produttiva attuale mette infatti in evidenza che i problemi maggiori a livello produttivo si riscontrano nei contenuti di Pb, vetro e plastica che frequentemente superano limiti imposti dalla normativa vigente.

Nelle tab. 2 e 3 vengono esposti i risultati analitici relativi a 12 impianti da RSU in esercizio sul territorio nazionale, mentre nelle tab. 4 e 5 sono riportate le caratteristiche analitiche di prodotti differenti per origine e provenienza.

Nei composti da RSU e da RSU e fanghi (n. 1 e n. 2) è il piombo l'elemento che più di ogni altro supera i livelli massimi consentiti dalla normativa vigente.

L'utilizzo di rifiuti speciali (compost n. 3) richiede una precisa e costante caratterizzazione analitica dei materiali, in quanto essi possono determinare aumenti an- che consistenti del tenore di alcuni metalli pesanti (Cr, Pb, Cu, Zn).

A fronte di queste situazioni in gran parte negative, si rilevano condizioni di elevata sicurezza ambientale nei compost ottenuti dal trattamento della frazione organica selezionata a monte dell'impianto (n. 7), degli scarti vegetali provenienti dalla manutenzione del verde pubblico e di quello privato (n. 9), eventualmente arricchiti con l'organico dei RSU (n. 8), dei residui lignocellulosici integrati con fanghi controllati degli impianti di depurazione civili (n. 5).

Per quanto riguarda gli aspetti igienici, una accurata conduzione del processo di compostaggio permette l'ottenimento ed il mantenimento delle attrezzature necessarie per l'inattivazione degli agenti patogeni, così da rispettare le disposizioni della normativa nazionale che prescrive una temperatura della massa in trasformazione non inferiore a 55°C per almeno 3 giorni. E' da considerare che ai fini dell'igienizzazione dei materiali, la temperatura di inattivazione è strettamente correlata al tempo di esposizione, come chiaramente evidenziato dalla tav. 4.

Circa gli aspetti più strettamente legati all'applicazione agronomica dei compost, va rilevato che un prodotto è vantaggioso per le colture agrarie se presenta buoni contenuti di sostanza organica, discreti tenori di elementi nutritivi, caratteristiche ben precise di odore, consistenza, grado di umificazione e compatibilità fisiologica con lo sviluppo delle piante. Per taluni impieghi specialistici vanno verificate alcune proprietà fisiche e biologiche, quali la capacità di ritenzione idrica, la porosità totale e libera, la densità apparente, la salinità, il pH, la capacità di soppressione di fitopatogeni del terreno.

TAB. 2

## CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE

| IMPIANTO DI<br>PROVENIENZA | N. CAMPIONI | TEMPO MEDIO<br>MAT. giorni | pH    | CES<br>luS/cm | SO<br>% s.s. | CR<br>% s.s. | HR<br>% s.s. | AU/AF<br>% s.s. | HI<br>% s.s. | C/N<br>% s.s. | N<br>% s.s. | P205<br>% s.s. | K2O<br>% s.s. |
|----------------------------|-------------|----------------------------|-------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|----------------|---------------|
| 1                          | 4           | 52                         | 8.37  | 4673          | 36.3         | 100          | 18.7         | 0.85            | 8.6          | 12.7          | 1.25        | 0.72           | 0.46          |
| 2                          | 5           | 116                        | 8.00  | 3415          | 43.7         | 104          | 17.3         | 1.01            | 8.0          | 16.0          | 1.13        | 0.57           | 0.60          |
| 3                          | 9           | 133                        | 8.09  | 3678          | 54.0         | 119          | 18.7         | 1.81            | 8.3          | 16.7          | 1.60        | 0.89           | 0.82          |
| 4                          | 7           | 35                         | 8.14  | 6223          | 47.6         | 92           | 21.3         | 0.69            | 8.4          | 13.6          | 1.76        | 1.00           | 1.40          |
| 5                          | 5           | 175                        | 8.27  | 2897          | 40.0         | 87           | 18.3         | 1.79            | 11.1         | 14.1          | 1.39        | 0.62           | 0.57          |
| 6                          | 2           | 113                        | 7.77  | 2273          | 38.5         | 91           | 21.3         | 0.67            | 8.5          | 12.9          | 1.49        | 0.93           | 0.63          |
| 7                          | 2           | 96                         | 8.51  | 5180          | 65.9         | 156          | 17.1         | 1.02            | 8.5          | 14.9          | 1.87        | 0.69           | 1.17          |
| 8                          | 1           | 170                        | 7.80  | 4130          | 35.5         | 79           | 22.1         | 0.26            | 4.5          | 9.6           | 1.70        | 1.28           | 1.04          |
| 9                          | 3           | 77                         | 7.71  | 4185          | 57.6         | 144          | 12.4         | 0.33            | 3.1          | 22.4          | 1.44        | 0.76           | 0.75          |
| 10                         | 4           | 13                         | 7.35  |               | 68.8         |              | 13.5         | 0.07            | 0.9          | 21.9          | 1.44        | 1.72           | 0.84          |
| 11                         | 1           | 35                         | 7.89  | 3620          | 52.0         |              | 18.9         | 0.76            | 8.2          | 22.2          | 0.92        | 0.62           | 0.27          |
| 12                         | 1           | 30                         | 8.08  |               | 49.5         |              |              |                 |              | 22.6          |             |                |               |
| VERMICOMPOSTI              | 2           |                            | 7.22  | 2485          | 43.0         | 104          | 18.3         | 2.78            | 12.9         | 12.6          | 1.59        | 1.76           | 0.69          |
| TORBA                      | 3           |                            | 5.86  | 575           | 69.9         | 397          | 19.7         | 1.93            | 13.1         | 21.9          | 1.63        | 0.17           | 0.21          |
| LETAME                     | 2           |                            | 8.28  | 2650          | 82.3         |              | 17.1         | 1.21            | 9.4          | 21.3          | 2.13        | 1.20           | 1.88          |
| LIMITI DPR 915/82          |             |                            | 6-8.5 |               | >40.0        |              | >20.0        |                 |              | <30.0         | >1.00       | >0.50          | >0.40         |

HR % = C.umico totale/C.organico totale

HI % = C.acidi umici/C.organico totale

AU/AF = C.acidi umici/C.acidi fulvici

TAB. 3

## MICROELEMENTI - VETRO E PLASTICA

| IMPIANTO DI<br>PROVENIENZA | N. CAMPIONI | TEMPO MAT.<br>giorni | B  | Cd   | Cr   | III  | Ni   | Pb   | Cu    | Zn    | VETRI<br>% S.S. | PLASTICA<br>% S.S. |
|----------------------------|-------------|----------------------|----|------|------|------|------|------|-------|-------|-----------------|--------------------|
| mg / kg s.s.               |             |                      |    |      |      |      |      |      |       |       |                 |                    |
| 1                          | 4           | 52                   | 52 | <5.0 | 107  | 60   | 482  | 321  | 622   | 10.62 | 0.52            |                    |
| 2                          | 5           | 116                  | 54 | 4.8  | 207  | 104  | 767  | 391  | 1351  | 3.43  | 1.45            |                    |
| 3                          | 9           | 133                  | 60 | 5.7  | 338  | 158  | 473  | 461  | 680   | 1.48  | 1.00            |                    |
| 4                          | 7           | 35                   | 48 | 4.0  | 95   | 47   | 902  | 461  | 562   | 2.28  | 0.44            |                    |
| 5                          | 5           | 175                  | 43 | 5.2  | 120  | 28   | 1186 | 335  | 956   | 4.19  | 1.78            |                    |
| 6                          | 2           | 113                  | 72 | 7.5  | 209  | 157  | 1262 | 983  | 1434  | 9.20  | 0.56            |                    |
| 7                          | 2           | 96                   | 71 | 2.5  | 67   | 29   | 693  | 173  | 529   | 1.92  | 2.50            |                    |
| 8                          | 1           | 170                  | 47 | 1.0  | 1708 | 182  | 641  | 2173 | 1642  | 0.77  | 0.14            |                    |
| 9                          | 3           | 77                   |    | 6.5  | 155  | 53   | 253  | 239  | 408   | 1.57  |                 |                    |
| 10                         | 4           | 13                   |    |      |      |      |      |      |       |       |                 |                    |
| 11                         | 1           | 35                   | 22 | <5.0 | 145  | 27   | 440  | 131  | 451   | 9.61  | 2.45            |                    |
| 12                         | 1           | 30                   |    | 2.0  | 58   | 34   | 350  | 250  | 680   | 0.01  | 1.03            |                    |
| VERNICOMPOSTI              | 2           |                      | 34 | <5.0 | 62   | 31   | 17   | 103  | 307   |       |                 |                    |
| TORBA                      | 3           |                      | 24 | 3.7  | 105  | 47   | 16   | 34   | 117   |       |                 |                    |
| LETAME                     | 2           |                      | 30 | 3.0  | 15   | 10   | 10   | 40   | 175   |       |                 |                    |
| LIMITI DPR 915/82          |             |                      |    |      |      |      |      |      |       |       |                 |                    |
|                            |             |                      |    | <5.0 | <500 | <200 | <500 | <600 | <2500 | <3.00 | <1.00           |                    |

TAB. 4

CARATTERISTICHE ANALITICHE DI TIPOLOGIE DIVERSE DI COMPOST:  
 SOSTANZE ORGANICHE - UMIDITA' - REAZIONE  
 CONDUCEBILITA' SPECIFICA - MACROELEMENTI - RAPPORTO C/N  
 (tutti i valori, tranne l'umidita', pH, CES, sono espressi sulla S.S.)

| IDENTITA' N | S.O. | UM.  | pH | C.E.S. | N    | P    | K    | C    | C/N  | Ca   | Mg   |      |
|-------------|------|------|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CAMPIONI    | %    | %    |    | us/cm  | %    | %    | %    | %    |      | %    | %    |      |
| 1           | 11   | 55.2 | -- | 8.18   | 4939 | 1.58 | 0.31 | 0.86 | 27   | 17.1 | 6.00 | 0.53 |
| 2           | 21   | 39.6 | -- | 8.12   | 3179 | 1.06 | 0.30 | 0.40 | 18.8 | 17.7 | 4.81 | 0.52 |
| 3           | 1    | 35.5 | -- | 7.80   | 4129 | 1.70 | 0.57 | 0.86 | 16.3 | 9.6  | 7.82 | 0.42 |
| 4           | 12   | 50   | -- | 8.21   | 4062 | 1.50 | 0.35 | 0.56 | 24.7 | 16.5 | 6.74 | 1.14 |
| 5           | 14   | 62.8 | 61 | 7.32   | 1190 | 1.64 | 0.70 | 0.34 | 34.2 | 21.0 | 5.18 | 0.97 |
| 6           | 3    | 44.8 | -- | 6.35   | 2586 | 1.69 | 1.02 | 0.07 | 22.3 | 13.2 | 3.15 | 0.33 |
| 7           | 2    | 25.1 | 41 | 7.70   | --   | 1.23 | 0.39 | 1.01 | 16.0 | 14.0 | 2.14 | 0.64 |
| 8           | 35   | 48.9 | 40 | 7.80   | --   | 1.44 | 0.34 | 0.77 | 21.8 | 17.1 | 4.61 | 2.29 |
| 9           | 31   | 38.1 | 44 | 8.00   | --   | 1.04 | 0.21 | 0.44 | 22.4 | 19.2 | 3.32 | 0.38 |

- 1) RSU
- 2) RSU+FANGHI
- 3) RSU+RSA
- 4) RSU+RSA+FANGHI
- 5) CORTECCIE+FANGHI
- 6) SEGATURA+FANGHI
- 7) ORGANICO
- 8) ORGANICO RSU PRESELEZIONATO+LIGNOCELLULOSICI
- 9) VEGETALI

TAB. 5

CARATTERISTICHE ANALITICHE DI TIPOLOGIE DIVERSE DI COMPOST  
 METALLI PESANTI - ARSENICO - BORO

| IDENTITA' N | Cd    | Cr     | Ni    | Pb    | Cu     | Zn     | Hg   | As   | B    |
|-------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|------|------|------|
|             | mg/kg |        |       |       |        |        |      |      |      |
| 1           | 4.55  | 127.5  | 43    | 671.4 | 249.5  | 507.6  | --   | --   | 62.6 |
| 2           | 5.00  | 159.5  | 82.2  | 714.2 | 470.2  | 1106   | --   | --   | 41.8 |
| 3           | 1.00  | 1708.0 | 182.0 | 641.0 | 2173.0 | 1642   | --   | --   | 47.0 |
| 4           | 5.08  | 297.3  | 132.9 | 489.4 | 416.0  | 642.2  | --   | --   | 59.6 |
| 5           | 5.46  | 45.3   | 17.1  | 29.8  | 153.5  | 379.4  | 1.20 | 1.77 | 19.4 |
| 6           | 5.00  | 57.3   | 28.0  | 103.3 | 224.0  | 1239.7 | --   | --   | 29.3 |
| 7           | 0.75  | 27.9   | 38.4  | 49.5  | 32.0   | 193    | --   | --   | --   |
| 8           | 1.54  | 42.8   | 22.1  | 89.1  | 53.3   | 302.0  | 0.34 | --   | --   |
| 9           | 2.56  | 49.8   | 34.3  | 87.7  | 39.3   | 192    | 2.70 | --   | --   |

- 1) RSU
- 2) RSU+FANGHI
- 3) RSU+RSA
- 4) RSU+RSA+FANGHI
- 5) CORTECCIE+FANGHI
- 6) SEGATURA+FANGHI
- 7) ORGANICO
- 8) ORGANICO RSU PRESELEZIONATO+LIGNOCELLULOSICI
- 9) VEGETALI

TAV. 4

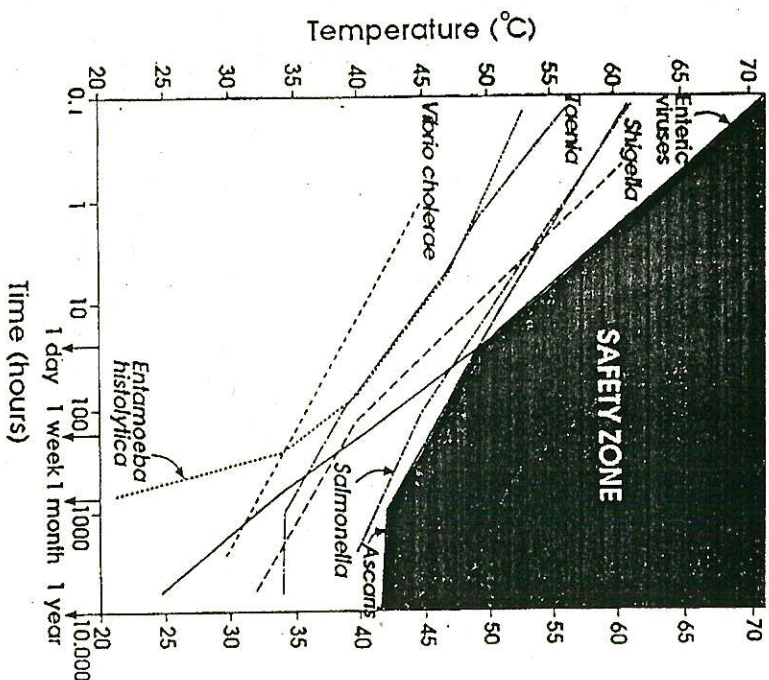


Figure 4 - Temperature/time inactivation relationships for a range of excreted pathogens showing the safety zone for process operation (Fechem, et al 1983).

In condizioni di processo poco controllate, la sostanza organica produce odori sgradevoli, risulta igienicamente pericolosa e libera sostanze ad azione fitotossica con danni alle colture (ammoniaca, acidi grassi volatili, idrogeno solforato, etc.)

Un'insufficiente stabilità dei prodotti si riscontra di frequente negli impianti in cui non vengono garantite le condizioni bioossidative richieste, con prevalenza di decorsi fermentativi o parzialmente anaerobici; inoltre nelle realtà ove sono programmati tempi di processo eccessivamente brevi (20-30 giorni).

Le indagini condotte su numerosi campioni di compost nazionali e stranieri fanno registrare bassi livelli del grado di stabilità della sostanza organica nella maggior parte dei materiali saggiati.

## IMPIEGHI DEL COMPOST

I settori maggiormente ricettivi del compost sono quelli agricolo ed ambientale; i comparti agrari che assorbono elevate quantità di ammendanti organici sono il vivaismo orto-fioricolo e forestale, le coltivazioni arboree e quelle erbacee. Vengono di seguito analizzate le caratteristiche essenziali dei prodotti in funzione degli utilizzi agronomici programmati e le tecniche di applicazione nei differenti ambiti di attività agricola.

### 1. Vivaismo ed altri impieghi specialistici

Per la produzione di semenzali e per la propagazione di specie orticole, fioricole e forestali, e più in generale per tutti gli impieghi in cui si realizza un intimo contatto tra apparato radicale e substrato di crescita (es. buca di piantagione), il prodotto deve risultare altamente stabilizzato e pertanto non fitotossico, di bassa salinità, con elevati contenuti di sostanza organica e dotato di caratteristiche fisiche apprezzabili (capacità di ritenzione idrica, porosità totale e libera elevata; bassa densità apparente), esente da semi vitali di erbe infestanti, igienizzato; inoltre poco elitivo per lo sviluppo di organismi patogeni (Phytophthora, Pythium, Rizoctonia, Fusarium) o meglio idoneo alla colonizzazione di popolazioni antagoniste capaci di controllare gli agenti responsabili di malattie delle piante (Trichoderma, Gliocladium, Bacillus, actinomiceti, etc.).

L'insieme di queste caratteristiche ben difficilmente si riscontra nei compost da RSU, mentre è particolarmente presente nei prodotti ottenuti dalla trasformazione bioossidativa di fanghi e residui lignocellulosici. Infatti le esperienze condotte dall'Istituto Agrario Provinciale di San Michele a/Adige, utilizzando questi ultimi prodotti su una vasta gamma di specie orticole, fioricole e forestali, hanno evidenziato la possibilità di surrogare, in toto o in parte, i terricci a base di torba per la produzione di semenzali o di piante in contenitore: in genere le risposte migliori si sono ottenute sostituendo nel substrato di base il 50-75% in volume dell'ammendante organico tradizionalmente impiegato.

## 2. Viticoltura, frutticoltura, coltivazioni erbacee

Le caratteristiche che deve possedere il compost sono in relazione alle modalità d'impiego e all'epoca di distribuzione. Così se in pre-impianto è possibile l'applicazione di prodotti relativamente maturi, con elevato contenuto di sostanza organica, anche grossolani, ed è accettabile la presenza di inerti in quanto inerrati con le lavorazioni di fondo, in buca di piantagione il compost deve presentare standard qualitativi elevati, analoghi a quelli esposti per gli impieghi vivaistici.

L'applicazione del compost in pacciamatura, ovvero la distribuzione localizzata lungo il filare per una larghezza di 50-60 cm ed uno spessore di 5 cm, finalizzata al recupero della fertilità dei terreni ed al controllo delle erbe infestanti, permette l'impiego di materiali con livello minimo di maturazione (comunque non fitotossici), a granulometria grossolana, ma con presenza ridotta di elementi indesiderati o inquinanti.

Per le concimazioni di produzione il compost deve essere ben dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, stabilizzato e con limitata presenza di metalli pesanti, plastiche e vetri.

Circa gli effetti determinati dal compost sul terreno e sulle colture, numerose esperienze mettono in evidenza una influenza positiva sulla stabilità degli aggregati, sulla porosità, sull'aerazione e capacità di ritenzione idrica dei suoli. L'applicazione di compost in zone declivi contribuisce a frenare l'erosione; inoltre, riduce la comparsa di fenomeni clorotici sulle viti coltivate in suoli calcarei, comuni agrarie, si riscontra un generale miglioramento dello stato nutrizionale delle piante, mentre poco rilevanti risultano gli effetti sulla quantità e qualità dei raccolti, specialmente in viticoltura che costituisce uno dei comparti agricoli da lungo tempo interessato dalle applicazioni di questi materiali. Sul potenziale accumulo di metalli pesanti nella pianta e specificamente nei prodotti, ricerche condotte da diversi Autori evidenziano variazioni insignificanti del tenore di metalli pesanti nel mosto di uve concimate con quantità anche elevate di compost e che comunque dopo la fermentazione alcolica la loro presenza nel vino è ridotta a livelli che non destano alcuna preoccupazione.

Per le colture erbacee il grado di maturazione potrà essere minimo, se intercorre un congruo periodo di tempo tra distribuzione, che in ogni caso dovrà essere superficiale, e messa a coltura; avanzato, se all'interramento segue a breve termine la semina.

Le esperienze di concimazione con compost di mais, barbabietola, patata, fagiolo in condizioni pedoclimatiche diverse, impiegando dosi differenziate e ripetute nel tempo, a confronto con i fertilizzanti minerali ed il letame, hanno messo in evidenza alcuni aspetti di rilevante importanza agronomica:

- a. il compost ed il letame sono in grado di fornire solo basse quantità annue dell'azoto che apportano: nel corso del primo anno dopo l'interramento rendono disponibile mediamente il 3-4% del totale di azoto in essi contenuto.
- b. il lento ritmo di mineralizzazione, derivato dalla modesta liberazione di azoto, lascia supporre che siano relativamente consistenti i meccanismi di trasformazione in humus della sostanza organica somministrata.
- c. il confronto compost-letame risulta, a parità di sostanza organica interrata, pressoché equilibrato.
- d. la capacità produttiva espressa dal compost e dal letame è piuttosto modesta, sempre inferiore a quella dei concimi minerali, fatta eccezione per consistenti apporti di compost. Il bilancio complessivo documenta su mais una più sostanziale e persistente azione fertilizzante del compost che del letame; una discreta equivalenza di risposta produttiva si riscontra anche nel caso della barbabietola da foraggio e della carota.
- e. da un compost qualificato, utilizzato alla dose di circa 200 g/ha, ci si potrebbe attendere risposte produttive o contributi alla fertilità equivalenti a quelle assicurate da 400-500g di letame.
- f. i migliori risultati produttivi si registrano con compost ottenuti dalla integrazione dei RSU con i fanghi di depurazione delle acque reflue civili (cocompostaggio) e dalle applicazioni combinate di fertilizzanti organici e di quelli minerali.
- g. le produzioni più basse si rilevano con l'impiego di compost immaturi e raffinati; il processo di raffinamento, se pur importante per l'ottenimento di un prodotto esteticamente più accettabile, riduce l'efficacia produttiva.
- h. per apprezzare il valore fertilizzante del compost, appare necessario l'impiego

di elevate quantità, sicuramente superiori a quelle consentite dalla attuale normativa italiana (300 q/ha nel tricinio)

i. i metalli pesanti del compost vengono assorbiti dalle colture in misura non rilevante; difatti, non si sono mai riscontrati valori significativi di maggior concentrazione nei vari organi della pianta: le concentrazioni stesse risultano fondamentalmente dominate dalle intrinseche proprietà dei vegetali nella ridistribuzione degli stessi. Ad esempio la pianta di mais possiede un forte meccanismo di filtrazione a livello delle cariossidi, e determina concentrazioni ben diverse dei metalli pesanti nella parte vegetativa e in quella riproduttiva. Resta da indagare quali effetti potrebbero derivare a seguito di prolungate distribuzioni di compost (effetti di accumulo nel lungo periodo).

### 3. Paesaggio

Negli interventi di recupero del territorio (discariche esaurite, cave dismesse, superfici dissestate, etc.) e di costituzione di aree a verde pubblico (parchi, giardini, campi sportivi) il compost, anche di pezzatura grossolana, deve possedere un buon grado di maturazione, sempre che alla distribuzione segua in tempi ravvicinati la semina delle essenze erbacee individuate per la costituzione del colico erboso.

### MERCATO DEL COMPOST

A fronte degli inconvenienti, talvolta vistosi, determinati nei differenti comparti agrari dalle eccessive somministrazioni di concimi minerali, gli attuali orientamenti vanno necessariamente verso una riscoperta del ruolo della sostanza organica e pertanto si rende necessario il reperimento di materiali organici idonei al mantenimento della fertilità dei suoli. In questo ambito si ritiene vi possano essere ampi spazi per la collocazione del compost alle seguenti condizioni:

a. vi sia scarsa disponibilità di letame nelle zone di influenza dell'impianto ovvero siano presenti settori produttivi che assorbono elevate quantità di ammen-

danti organici.

b. il compost proposto presenti elevati standards qualitativi commisurati agli impieghi, condizione questa che garantisce effetti positivi sul terreno e sulle colture ed esclude nel contempo rischi per gli operatori e per l'ambiente; è peraltro anche necessario assicurare una costanza qualitativa dei prodotti esitati.

c. l'utilizzazione prevalente del compost avvenga nelle aziende limitrofe agli impianti, per poter essere ritirato dagli stessi agricoltori con i mezzi aziendali; solamente per i prodotti di elevato valore agronomico e destinati ad impieghi specialistici si possono ritenere sostenibili i trasporti a distanza.

d. il compost risulti economicamente conveniente: il termine di comparazione per il prodotto da RSU sfuso e non condizionato da ulteriori trattamenti (granulazione, pellettizzazione) potrebbe essere il prezzo del letame per altre tipologie di prodotti più qualificati (per il vivaismo, per la produzione di substrati, etc.) il valore commerciale si potrebbe elevare di molto, anche alla luce di alcune situazioni di mercato già consolidate.

In Italia sono attualmente in esercizio o in prossimo avviamento 21 impianti di compostaggio da RSU, mentre altri 12 sono in corso di realizzazione; sulla base dei piani elaborati dalle Regioni si prevede la costruzione di circa 80 impianti nel medio lungo termine. La potenzialità dei 21 impianti permette il trattamento di 3300 t/a di RSU (circa il 7,3% del totale nazionale); assunto un rendimento produttivo medio del 25% si ha una potenziale produzione di 825 t/g di compost. (tab. 6).

| IMPIANTI                        | NUMERO | RSU TRATTATI |            | POTENZIALITÀ<br>MEDIA t/g | ABITANTI SERVITI |            |
|---------------------------------|--------|--------------|------------|---------------------------|------------------|------------|
|                                 |        | t/g          | % sul tot. |                           | milioni          | % sul tot. |
| IN ESERCIZIO O IN<br>AVVIAMENTO | 21     | 3300         | 7.3        | 158                       | 3                | 5.4        |
|                                 | 16     | 3600         | 8.0        | 225                       | 3                | 5.4        |
| IN COSTRUZIONE                  | 81     | 13200        | 29.3       | 190                       | 18               | 32.1       |
| PREVISTI DAI PIANI              |        |              |            |                           |                  |            |
| TOTALE                          | 118    | 20100        | 44.7       | 188                       | 24               | 42.9       |

Circa le possibilità di collocamento di questi prodotti si registrano situazioni molto differenti. Alcune realtà produttive hanno avviato programmi di promozione del compost e di sensibilizzazione delle utenze, cui è seguito un concreto assorbimento del prodotto da parte degli operatori agricoli locali. La domanda si concentra in due periodi dell'anno (autunno e primavera) in relazione alle concimazioni di pieno campo delle colture erbacee ed arboree.

La produzione di compost di taluni impianti viene in parte assorbita da alcune ditte produttrici di ammendanti organici composti. In altre situazioni la produzione è prevalentemente indirizzata al settore vivaistico per la preparazione di letti caldi nel periodo invernale (novembre-marzo). In certe realtà territoriali il compost è impiegato per il rinverdimento delle superfici destinate a piste da sci.

Confortante appare il quadro relativo al mercato dei compost ottenuti dal trattamento dei fanghi urbani ed agroindustriali, rigorosamente controllati, miscelati a residui lignocellulosici. Questi prodotti, purché di elevate caratteristiche qualitative dal punto di vista chimico, fisico, biologico ed igienico sanitario, riscontrano grande interesse nel settore floricolo, orticolo e forestale per le loro elevate proprietà ammendanti. Le esperienze più recenti fanno ritenere che questa tipologia di compost potrà sostituire nel breve-medio periodo un'aliquota cospicua di torbe importate per la preparazione di substrati. Risultati altrettanto positivi si sono ottenuti applicando il compost da fanghi negli interventi di recupero ambientale e nella realizzazione di aree a verde pubblico (campi sportivi, parchi, giardini).

Accanto a queste favorevoli situazioni si devono per contro registrare le condizioni di incertezza e difficoltà nelle quali si trovano alcuni impianti nazionali a fronte della scadente qualità dei prodotti ottenuti.

I compost sono in genere commercializzati direttamente dal produttore allo sfuso, senza essere sottoposti ad alcun intervento di condizionamento (pellettizzazione, granulazione, etc.). Il prezzo di vendita del prodotto sfuso varia da L. 6.000/t a L. 50.000/t, ma con maggiore frequenza ricorre la cifra di L. 15.000/mc per i compost da RSU e di L. 20-25.000/mc per quelli ottenuti da fanghi.

Ai fini della ricerca di un mercato, risulta importante la verifica dei seguenti aspetti: strutture di mercato esistenti sul territorio ed effettiva disponibilità di queste a commercializzare il compost; impieghi potenziali e stima delle quantità col-

locabili nei differenti comparti; caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche dei compost in relazione ad altri fertilizzanti organici impiegati; capacità produttiva dell'impianto di compostaggio e quella di imprese aventi già una penetrazione commerciale nel bacino interessato; quantità realmente collocate dalle aziende produttive concorrenti, relativo prezzo di vendita, iniziative di pubblicizzazione, sviluppo; forme di approvvigionamento e condizionamento dei prodotti in relazione alle modalità di applicazione correntemente praticate (allo sfuso, insaccato, in polvere, pelletato, granulato); prezzo di accettazione del compost da parte degli utilizzatori.

La fase che precede il momento produttivo (2-3 anni) deve realizzare le condizioni organizzative e psicologiche per un lancio del prodotto che abbia successo. Nel corso dei primi 3 anni di produzione è essenziale il coinvolgimento di un numero elevato di utilizzatori: tra questi vanno prioritariamente contattati gli operatori agricoli più qualificati, per serietà, competenza tecnico-scientifica, disponibilità all'introduzione di innovazioni tecniche e che sono di modello per l'intera realtà agricola locale.

Le esperienze di applicazione del compost devono essere supportate da una costante attività di assistenza tecnica per la messa a punto delle modalità d'impiego e per la verifica dei risultati ottenuti. Le stesse Istituzioni potranno affiancarsi all'Ente gestore dell'impianto nel controllo del processo, nella verifica analitica dei prodotti, nella fase di commercializzazione.

Alcuni stati europei (Svizzera, Francia, Germania) ed extraeuropei (USA) hanno da tempo sviluppato la politica del compostaggio adottando in maniera più o meno estesa quanto sopra esposto.

## CONCLUSIONI

Attraverso il compostaggio si consegue la stabilizzazione della sostanza organica e nel contempo la valorizzazione di categorie di composti organici altrimenti considerati rifiuti, a costi in genere competitivi con altre soluzioni di smaltimento. Dal punto di vista agronomico i compost, se ottenuti da processi controllati, pos-

sono surrogare gli ammendanti organici tradizionali. L'impiego diffuso dei compost è vincolato alla presenza sul mercato di prodotti con caratteristiche qualitative costanti e certificate, classificate in fasce di qualità che ne individuino l'utenza. Il miglioramento della qualità si può ottenere attraverso alcuni interventi volti ad una più corretta definizione del sistema produttivo:

- rigoroso controllo analitico dei rifiuti
- integrazione della frazione organica dei RSU con residui lignocellulosici e altri rifiuti nobili (agricoli, zootecnici, agroindustriali)
- separazione della frazione fine dei RSU per vagliatura a 10 mm in fase di pre-trattamento
- incentivazione delle iniziative di raccolta differenziata di vetro, plastica, Al e RUP
- sviluppo ed estensione dei programmi di raccolta differenziata della frazione organica dei RSU
- aumento del periodo di maturazione ovviando nello stesso tempo alle carenze di ordine gestionale
- adozione di tecnologie di preselezione e raffinamento più efficaci.

#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ALLEWELDT G. (1980) - Die Verwendung von Siedlungsabfällen im Weinbau. Die Weinwirtschaft, 9, 261-264.
- DE BERTOLDI M., PERA A., VALLINI G. (1983) "Principi del compostaggio" - Atti del Simposio Internazionale: Recupero biologico ed utilizzazione agricola dei rifiuti urbani. Napoli 11-14 ottobre.
- DE LAUZANNE R. (1989) "Methodologies and technologies in compost technology" Proceedings of the International Symposium: Compost production and use. S. Michele a/A 20-23 June.
- DELIBERA 27/7/1984 "Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10/9/1982 n.915, concernente lo smaltimento dei rifiuti".
- DEL ZAN F. (1989) "Prove agronomiche di compost diversi per origine e tecnologia produttiva: effetti indotti a breve termine sul terreno e su quattro colture erbacee" - Atti del Simposio Internazionale Produzione ed impiego del compost. S. Michele a/A 20-23 giugno.
- DIETER A. (1977) - Untersuchungen zur Verbesserung der Bodenstruktur und des Wasserhaushaltes in Weinbergen. Weinberg und Keller, 24 (6), 237-284.
- ENKELMANN R., VOLKEL R. (1982) - Einsatz von Mulklärschlammkompost und Muldkompost in Weinbau. Landwirtschaft. Forschung 35 (1-2), 77-89.
- FUNKE U. (1989) "Marketing problems" - Proceedings of the International Symposium: Compost production and use. S. Michele a/A 20-23 June.
- GENEVINI PL., (1983) - Utilizzazione agricola dei fanghi di depurazione. Inge-

generia Ambientale, 12.

GYSI CH., NEUKOMM H. (1981) - Muldkompost in Rebba. Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau, 117 (5), 138-141.

HOTTINK H.A.J., KUTER G.A. (1985) "Effect of composts in container media on diseases caused by soilborne plant pathogens" - Acta Horticulturae N.172, 191-196".

HOTTINK H. A. J., LUO L. and BOHEM J. (1989) "Control of compost production as related to product quality" Proceedings of the International Symposium: Compost production and use, S. Michele a/A 20-23 June.

ISTITUTO AGRARIO PROVINCIALE di S. MICHELE a/ADIGE "Produzione ed impiego del compost da rifiuti solidi urbani e fanghi nel comparto agrario della Provincia Autonoma di Trento" - Relazioni delle attività svolte negli anni 1986-1987-1988.

JODICE R. (1988) "La trasformazione microbiologica delle sostanze organiche in compost. Influenza dei fattori chimici, fisici e biologici sulla dinamica del processo e sulle caratteristiche dei prodotti ottenuti". 1. Corso nazionale di aggiornamento e specializzazione su: Produzione ed impiego del compost. S. Michele a/A 14-18 novembre.

MOHR HD. (1980) - Schwermetallgehalt von Wurzel und Sprossorganen der Rebe (Vitis vinifera L.) nach Düngung mit Mull-Klarschlammkompost. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 143 (2), 129-139.

NAPPI P., CONSIGLIO M. (1986) "Saggi di fitotossicità": risultati delle ricerche per l'elaborazione di una metodica". - In Simposio: Fanghi di depurazione in agricoltura. Torino 19-20 novembre.

NICOLARDOT B., GERMON J.C., CHAUSSOD R., CATRUX G. (1982) "Une technique simple pour déterminer la maturité des composts urbains. - Compost Information N.10, 2-4.

PARIS P., ROBOTTI A., GAVAZZI C. (1986) - Fertilizing value and heavy metal load of some composts from urban refuse. Atti del convegno "Compost: production, quality and use", London.

SCIENZA A., FORTI D., ZORZI G., CARGNELLO G. (1986) - Use of composted urban wastes in viticulture. Atti del simposio internazionale "Compost: production, quality and use", Udine, 17-19 aprile.

SEGALL L. and ALPERT J. (1990) "Compost marketing strategy" - Biocycle

N.2, 44-45

VERDONCK O., PENNINGCK R.J. DE BOODT M. (1983) "Le proprietà fisiche di diversi substrati" - Simposio Internazionale sui substrati in ortoflorovivaismo. Barcellona 28/8 - 2/9, in Floristica N. 11.

WALTER B., 1980 - Possibilités et limites d'utilisation des déchets urbains en viticulture - Bulletin de l'O.I.V., 53 (590), 273-284.

ZORZI G., URBINI G. (1989) "La realtà e gli indirizzi del compostaggio in Italia" - Atti del Simposio Internazionale: Produzione ed impiego del compost. S. Michele a/A 20 - 23 giugno.

ZORZI G., SILVESTRI S., JODICE R. (1990) "Qualità e mercato del compost." - Atti del Simposio Internazionale: Recupero di risorse dai rifiuti. Imola 15 - 18 maggio.

ZUCCONI F., MONACO A., FORTE M., DE BERTOLDI M. (1984) "Phytotoxins during the stabilization of organic matter. - Composting of agricultural and other wastes. Gasser J.K.R. Elsevier London.