

---

## APPENDICE

Indagine tecnico analitica  
sul materiale compostato  
presente nell'impianto



Napoli, 21/07/2006

Spett. Azienda Servizi Municipalizzati  
Zona Art. Lofto "C"  
70056 Molfetta (BA)

C.a. Ing. Silvio M. C. Binetti

Lettera raccomandata A/R anticipata via fax

Prot. n. 139/SL/2006

#### APPENDICE

Indagine tecnico analitica  
sul materiale compostato  
presente nell'impianto

AZIENDA SERVIZI MUNICIPALIZZATI MOLFETTA			
PR	PROT.	3219	
CAA	24 LUG, 2006	CAT	
CUAG	CUP	CUT	

Oggetto: Relazione tecnica finalizzata alla caratterizzazione del materiale organico in giacenza presso l'impianto di compostaggio dell'Azienda Servizi Municipalizzati di Molfetta (BA).

Con la presente, siamo lieti di trasmetterVi anticipata via fax la Relazione Tecnica relativa alla campagna analitica intrapresa in data 26 maggio 2006 per Vs. conto.

Cordiali Saluti

Eureco S.p.A.  
L'Amministratore Unico  
Ing. Roberto De Falco

**EURECO European Environmental Company S.p.A.**  
Cod. Fisc. e Partita IVA 0465711218; Capitale Sociale 1.250.000,00 Euro; REA: 706884  
Sede legale: Via Santa Lucia n° 20 - 80132 Napoli

Tel 081/2405359 - fax 081/2471266  
Sede operativa: localita' Faglieria - 81015 Piana di Montebello (CE)  
Tel. 0823/611111 - fax 0823/611762  
www.eurecompany.com e-mail info@eurecompany.com



totale di metalli pesanti (UNI 10780 app. B) e presenza/assenza di salmonella (ISTISAN 02/3).

## Risultati

## Valutazione della putrescibilità dei rifiuti

La Tabella 1, riporta i risultati relativi alle determinazioni chimico biologiche effettuate dal DiProVe.—Università degli Studi di Milano (Allegato 3).

I risultati relativi alla misura della stabilità biologica (IRD) e dell'impatto dei lisciviati (COD e BOD<sub>5</sub>) indicano un impatto contenuto dei rifiuti trattati. A tal proposito, si comparino i dati ottenuti nel presente lavoro con quanto riportato in una recente pubblicazione (Adani e Scaglia, 2006) (Tabella 2).

Tabella 1. Risultati relativi all'analisi chimico-biologiche dei rifiuti analizzati (vedi ALL. 3).

Nome campione	pH	Sostanza Secca (% t.q.)	Umidità (% t.q.)	Solidi Volatili (% s.s.)	IRD'	COD <sup>2</sup>	BOD <sup>1</sup>	Ip <sup>3</sup>
Lotto 1	7,86	62,68	37,32	39,14	1517	2725±74	630±48	34
Lotto 2	7,96	65,92	34,08	32,86	1101	2039±47	1185±27	34
Lotto 3	8,56	67,32	32,68	29,65	300	1505±78	550±35	21
Lotto 4	8,56	67,36	32,64	29,52	417	1406±74	502±22	22
Lotto 5	8,56	63,99	36,01	38,49	259	1901±74	369±27	21
Lotto 6	8,50	63,48	36,52	26,67	178	1310±146	412±30	18
Lotto 7	8,02	70,90	29,10	43,97	495	3063±132	692±27	28
Lotto 8	8,17	78,71	21,29	21,43	630	1623±3	503±18	24
Lotto 9	7,88	70,14	29,86	34,08	543	1378±62	242±10	24
Lotto 10	7,85	71,88	28,12	34,87	339	1212±30	618±45	21

<sup>2</sup> Domanda chimica e biologica di ossigeno dei liquori ( $\text{mgO}_2\text{gss}^{-1}$ )

### 3. Indice di Putrescibilità corretta

7

**EURECO EUROPEAN ENVIRONMENTAL COMPANY S.p.A.**

**WORLDWIDE ENVIRONMENTAL COMPANY S.p.A.**  
Sede legale: 80132 Napoli - Via Santa Lucia n° 20  
Codice fiscale e Partita IVA 04655711218  
Tel 081/2405359 - Fax 081/2471266 e-mail [info@weccompany.com](mailto:info@weccompany.com)  
Sede operativa: 81105 Piana di Monte Verna (CE) - località Faglianella  
Tel. 0823/611111 - fax 0823/651762

Tel. 0823/611111 - fax 0823/861782

Tel. 0823/611111 - fax 0823/861782

**Impact of the**

Tabella 2. Valori di Indice di Putrescibilità corretto (ipc) per 8 processi di trattamento biologico di frazione organica di rifiuti urbani (1-3) e rifiuti urbani (4-8) (da Adani e Scaglia, 2006)

[illegible]

In definitiva i Lotti 3-4-5-6-7-8-9-10 presentano un elevato grado di stabilità biologica inferiore al valore di  $IRD < 800 \text{ mg O}_2 \text{ kg SV}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , come richiesto dalla Regione Puglia (Bollettino ufficiale della Regione Puglia, Anno XXXIII, BARJ, 23 OTTOBRE 2002 N. 135) per il collocamento del rifiuto in discarica ed in molti casi inferiore o prossimo al limite di  $IRD < 400 \text{ mg O}_2 \text{ kg SV}^{-1} \text{ h}^{-1}$  richiesto per l'avvio del materiale ad attività di "ripristini ambientali". Anche l'impatto dei lisciviati è contenuto e conferma il basso impatto biologico dei rifiuti.

campioni relativi ai loti 1 e 2 mostrano invece un più elevato IRD, soprattutto per il campione

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di stabilire se i valori d'impatto dei lisciviati risultano abbastanza contenuti. E' probabile che una minore stabilità biologica sia dovuta ad un effetto "concentrazione" delle frazioni più putrescibili, in seguito alla raffinazione del materiale. I campioni dei Lotti 1 e 2, infatti, rappresentano composti raffinati.

4.

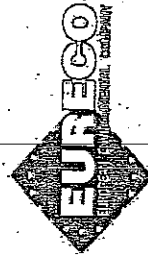
**EURECO EUROPEAN ENVIRONMENTAL COMPANY S.p.A.**

Codice Fiscale e Partita IVA 04655711218

Codice Fiscale e Partita IVA 04655711218  
Sede legale: 80132 Napoli - Via Santa Lucia n° 20

Sede legale: 80132 Napoli - Via Santa Lucia n° 20  
 Tel 081/2405359 - fax 081/2471266 e-mail [info@neurecompany.com](mailto:info@neurecompany.com)

099 - tel 081/2471266 e-mail [info@leurecompany.com](mailto:info@leurecompany.com)  
B1015 Piana di Monte Verina (CE) - località Faglanerla



Il contenuto in macroelementi, ad eccezione del potassio, non risulta adeguato per tutti i composti analizzati.

Tabella 4. Caratteristiche agronomiche dei compost ai sensi del DCI 27/07/84 (vedi All. 3)

Parametri	Lotto 1	Lotto 2	Lotto 9	Lotto 10	Limiti di accettabilità DM 27/07/84	Metodica
Materiali inerti (% ss)	2.5	11.05	1.11	1.86	≤3	ANPA 3/2001
Vetri (% ss)	2.03	10.31	1.01	1.82	≤3	ANPA 3/2001
Vetri (% superiore a 3mm s.s.)	0.94	7.30	0.72	1.08	≤3	ANPA 3/2001
Materie plastiche (%ss)	0.52	0.74	0.10	0.04	≤1	ANPA 3/2001
Materiali ferrosi (% ss)	0	0	0	0	≤0.5	ANPA 3/2001
Umidità	37.32	34.08	29.86	28.12	≤45	Metodo UNI 10780 app. C
Sostanza organica (% ss)	35.35±0.61	31.77±2.08	31.69±2.59	32.05±0.11	≥40	Metodo UNI 10780
Sostanza umificata (% ss)	11.31±1.70	11.50±0.93	15.27±1.41	14.43±0.14	≥20	Metodo UNI 10780
Rapporto C/N	16.81	20.70	15.84	16.45	≤30	
Azoto totale (% ss)	1.22±0.08	0.89±0.02	1.16±0.01	1.13±0.12	≥1	Metodo UNI 10780 app. I
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%ss)	0.46±0.35	0.57±0.91	0.37±0.06	0.20±0.12	≥0.5	G.U. 180.5
K <sub>2</sub> O (% ss)	1.13±0.05	0.85±0.01	0.92±0.00	0.89±0.01	≥0.4	Metodo UNI 10780 app. B

\* In rosso i valori che superano i limiti del DCI 27/07/84.

La Tabella 5 riporta i risultati di analisi del DiProVe - Università degli Studi di Milano (Allegato 3) relativi alle determinazioni delle caratteristiche ambientali dei compost dei lotti 1-2-9-10 ai sensi del DCI 27/07/84. I risultati indicano l'assenza di patogeni, e perciò l'assenza di rischio biologico.

Anche i valori dei metalli sono inferiori ai limiti riportati dal DCI 27/07/84, ad eccezione del contenuto di Pb per i Lotti 1 e 2. E' probabile che la spinta raffinazione di tali due Lotti, sia la causa di un maggior concentrazione dei metalli pesanti, come appare anche dal confronto del contenuto

dei metalli dei Lotti 1 e 2 rispetto ai Lotti 9 e 10.

Tabella 5. Risultati relativi alla qualità ambientale dei compost ai sensi del DCI 27/07/84 (Lotti 1, 2, 9 e 10)

Parametri	Valore Lotto 1 assente	Valore Lotto 2 Assente	Valore Lotto 9 Assente	Valore Lotto 10 Assente	Valori Limite Assente	Metodica
Salmonella (N/50 g)	7.86	7.96	7.88	7.85	6 + 8.5	ANPA 3/2001
pH	4.44±0.90	4.26±0.44	2.77±0.61	10.67±0.90	10	ANPA 3/2001
Arsenico (mg/kg ss)	0.99±0.01	1.44±0.07	1.44±0.20	0.26±0.01	10	Metodo UNI 10780 app. B
Cadmio (mg/kg ss)	498±11.45	163.64±4.24	68.38±0.65	59.55±0.04	500	Metodo UNI 10780 app. B
Cromo III (mg/kg ss)	0.04±0.01	0.048±0.01	0.15±0.02	0.14±0.01	10	Metodo UNI 10780 app. B
Cromo VI (mg/kg ss)	0.21±0.01	0.25±0.03	1.42±0.17	0.33±0.15	10	BPA 7473/1998
Mercurio (mg/kg ss)	39.89±0.73	54.23±0.91	15.45±1.10	14.80±2.02	200	Metodo UNI 10780 app. B
Nichel (mg/kg ss)	670.55±11.25	921.02±7.55	139.04±0.74	93.35±0.87	500	Metodo UNI 10780 app. B
Piombo (mg/kg ss)	275.63±16.24	582.91±8.29	124.29±3.16	83.56±0.47	600	Metodo UNI 10780 app. B
Rame (mg/kg ss)	759.07±30.77	1252.92±16.80	227.70±0.05	207.70±0.12	2.500	Metodo UNI 10780 app. B
Zinco (mg/kg ss)						

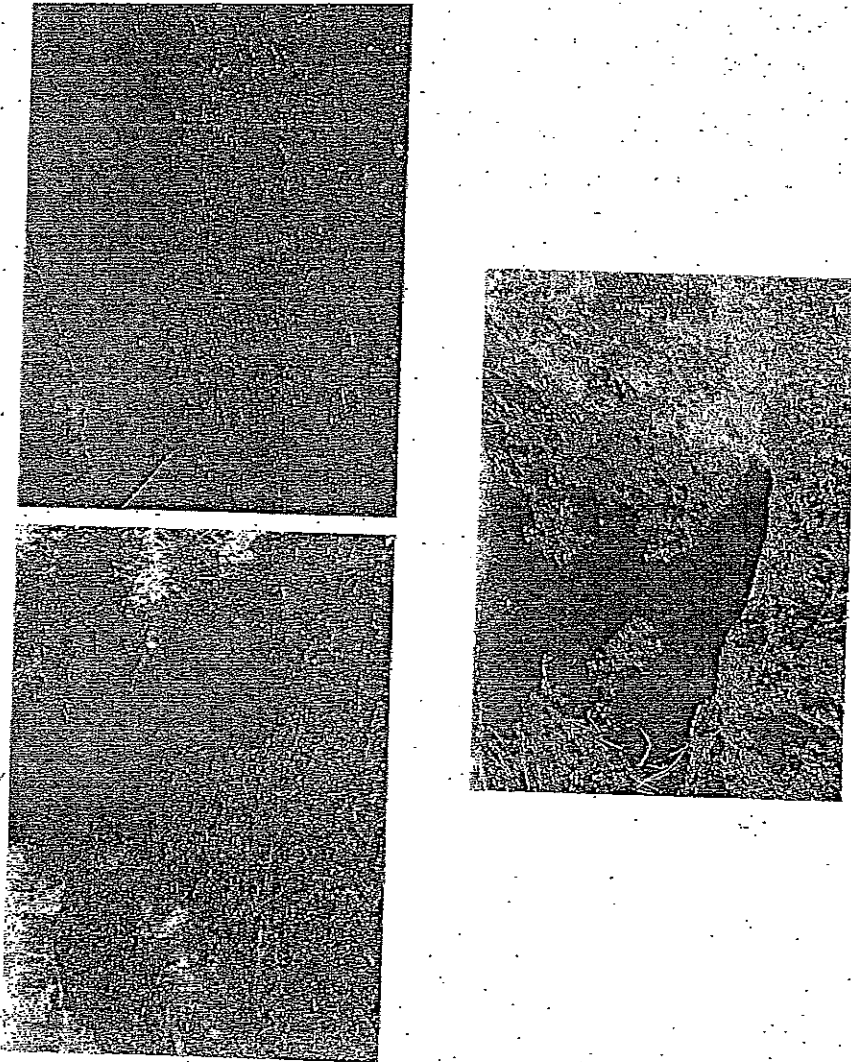
\* In rosso i valori che superano i limiti del DCI 27/07/84

## Conclusioni

I risultati della presente ricerca mettono in evidenza la presenza di rifiuti che hanno subito una spinta mineralizzazione con una sensibile riduzione della putrescibilità e quindi del potenziale impatto in discarica. Quanto emerso trova corretta espressione nella misura dell'Indice di Putrescibilità Corretto.



Allegato 2: Campionamento; particolari delle trincee aperte nei lotti di campionamento



DLPro.Ve. - Università degli Studi di Milano  
Dipartimento di Produzione Vegetale  
Sezione di Fisiologia delle Piante Coltivate e Chimica Agraria  
Via Celoria 2 - 20133 Milano - Tel. +39 0250316547 - Fax +39 0250316521

Allegato 3: certificati d'analisi del DLProVe-Università degli Studi di Milano

Referto d'analisi (\*)

Prot. N. 69/06

Campioni di: Lotti 1,2,9 e 10: Compost; Lotti 3,4,5,6,7,8: Frazioni organiche stabilizzate (FOS).....  
Ricevuto da: Eureco, Via S.Lucia, 20 80132 Napoli .....  
Imballaggio: sacchetti in polietilene .....  
Suggerimenti .....  
Etichetta: etichetta identificativa denominati da ASM Molfetta (BA) .....  
Data di arrivo: 30.05.2006.....

Risultato d'analisi

Tabella I. Analisi chimico-biologiche dei Lotti 1-10

Nome campione	pH	Sostanza Secca (% t.q.)	Umidità (% t.q.)	Solidi Volatili (% s.s.)	IRD <sup>1</sup>	COD <sup>2</sup>	BOD <sup>2</sup>	Ipe <sup>3</sup>
Lotto 1	7.86	62.68	37.32	39.14	1517	2725±74	630±48	34
Lotto 2	7.96	65.92	34.08	32.86	1101	2639±47	1185±27	34
Lotto 3	8.56	67.32	32.68	29.65	300	1505±78	550±35	21
Lotto 4	8.56	67.36	32.64	29.52	417	1406±74	502±22	22
Lotto 5	8.56	63.99	36.01	38.49	259	1901±74	369±27	21
Lotto 6	8.50	63.48	36.52	26.67	178	1310±146	412±30	18
Lotto 7	8.02	70.90	29.10	43.97	495	3063±132	692±27	28
Lotto 8	8.17	78.71	21.29	21.43	630	1623±3	503±18	24
Lotto 9	7.88	70.14	29.86	34.08	543	1378±62	242±10	24
Lotto 10	7.85	71.88	28.12	34.87	339	1212±30	618±45	21

Indice di Respirazione Dinamica ( $\text{mgO}_2 \text{ kgSV}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ); (UNIT/TS 11184)

<sup>2</sup> Domanda chimica e biologica di ossigeno dei lisciviati ( $\text{mgO}_2 \text{ gss}^{-1}$ ); (IRSA CNR (Q100/5100) ed il BOD<sub>5</sub> (IRSA CNR (Q100/5100)).

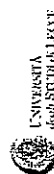
<sup>3</sup>Indice di Putrescibilità corretto (Adani e Scaglia, 2006).

21-LUG-2006 13:48 DA DIPROVE  
21/07 2006 14:01 FAX

R:00012471265

0258316521

P.1/1  
MUSE



UNIVERSITA  
degli STUDI di BARI



MA.PRO.GE.S. - Manager dei PROCESSI innovativi di compostaggio e Gestione delle biomasse di Sclarto  
ASM- Azienda Servizi Municipalizzati -Molfetta

**MATERIALI COMPOSTATI DI CARATTERISTICHE NON NOTE.**  
**IPOTESI PER UNA CARATTERIZZAZIONE NELLA PROSPETTIVA**

**DEL RIUTILIZZO**

**Relazione finale di stage eseguita da:**

**Dott. Chim. Antonella la Grasta**

**Molfetta, Maggio 2006**



DI Pro. Ve. - Università degli Studi di Bari  
Dipartimento di Progettazione Vegetale  
Sezione di Fisiologia vegetale e fisiologia o fisiologia vegetale  
Via Celentano 2 - 70125 Bari - tel. 080/5309111 - fax 080/5309112

Il Responsabile del Laboratorio

Il Responsabile del Laboratorio

Prof. P.L. Gambelli

Prof. P.L. Gambelli

Milena Gambelli

*[Signature]*

# 1 PREMESSA

Dr. Chim. Antonella La Grata

2

Il master MAPROGES, di cui la scrivente è corsista, prevedeva un periodo di 320 ore di attività di stage presso una delle aziende partner. Tale periodo è intercorso tra Marzo e Maggio 2006 presso la ASM (Azienda Servizi Municipalizzati), con sede presso la zona Industriale di Molfetta. Il presente documento è il lavoro finale conseguente alle attività realizzate presso la suddetta Azienda.

## *1.1 Cenni sull'Azienda*

La ASM, originariamente costituita come AMNU per la gestione dei servizi di raccolta, trasporto e smaltimento dei rifiuti urbani e servizi connessi nel territorio di Molfetta, oggi conta un organico di oltre 100 unità e un notevole parco mezzi. Dal 2005 l'ASM dispone inoltre di un moderno impianto di selezione di diversi materiali provenienti da raccolta differenziata, a servizio dei comuni del bacino di utenza BA1, e dal Febbraio 2006 ha conseguito la certificazione UNI EN ISO 9001:2000 e ISO 14000:2004. L'impianto si occupa della selezione di carta e cartone, plastica, legno, lattine di alluminio, con apposite convenzioni con i consorzi Conieco, COREPLA, Rilegno, CIAL. Numerosi i riconoscimenti per i risultati raggiunti in materia di raccolta differenziata.

## *1.2 Il contesto di studio*

Il caso di studio preso in considerazione in questo lavoro è l'impianto di compostaggio comunale che è sito in agro di Molfetta in Contrada Torre di Pettine. Nel 1987 venne indetto dal Comune l'appalto per la realizzazione di un impianto per lo smaltimento di RSU e fanghi, nonché recupero di metalli ferrosi, accumulo di rifiuti ingombranti e produzione di compost. L'obiettivo avrebbe dovuto essere quello di igienizzare i rifiuti attraverso le operazioni di selezione e trattamento, realizzando un complesso industriale che garantisse il minimo impatto ambientale e costi non eccessivi per arrivare a un minimo da portare in discarica. Inizialmente esso avrebbe dovuto servire solo la città di Molfetta, con un bacino di utenza di circa 65.000 abitanti e un ammontare di RSU e assimilabili pari a 60t/g. Le caratteristiche dell'impianto di RSU dovevano soddisfare una potenzialità di 21900 t/anno, per un totale di 312 giorni lavorativi all'anno (6gg/sett). In realtà, nel corso degli anni, il progetto ha subito diverse variazioni, e in particolare, in seguito ad emergenze ambientali, la sua potenzialità di 85 t/g venne aumentata a 270 t/g. Potevano così avere ingresso ogni giorno fino a 50 t di rifiuto organico selezionato e 150 t di indifferenziato. L'impianto fu così autorizzato fino al 31/12/2002 a lavorare nella potenzialità massima di 279 t/g su più turni di lavoro,

Dr. Chim. Antonella La Grata

3

## 2

# INQUADRAMENTO

# NORMATIVO

Dal momento che l'operazione di compostaggio non è altro che la produzione di fertilizzanti a partire da rifiuti, è di conseguenza ovvio che essa sia soggetta sia alle normative che disciplinano i rifiuti che a quella relative ai fertilizzanti. Entrambi i gruppi di norme derivano, almeno in parte, dall'applicazione del diritto comunitario. In particolare l'applicazione delle norme sui rifiuti è demandata al Ministero dell'Ambiente, mentre quelle sui fertilizzanti sono di competenza del ministero delle Attività Agricole, e tutte le decisioni che interessano in qualche misura il compostaggio dovrebbero essere prese di concerto. Di fatto, però, le normative sui rifiuti e quelle sui fertilizzanti seguono strade diverse e spesso non sono per nulla coordinate tra loro; addirittura in molti casi vi sono anche contraddizioni interne ai due sistemi di norme, e, in particolare, non è sempre chiaro se norme precedenti siano state effettivamente abrogate. A complicare ulteriormente il quadro vi sono le competenze delle regioni, che creano disparità anche notevoli nelle diverse aree del nostro paese.

Nel contesto di studio dell'impianto di compostaggio, che avrebbe prodotto sia compost da rifiuto organico selezionato, sia biostabilizzato da matrici indifferenziate, è necessario applicare, in particolare, due differenti normative nazionali, che al momento della stesura della presente relazione permangono in vigore, con diverse restrizioni analitiche a causa dei diversi destini delle due matrici, e una regionale specifica sul prodotto biostabilizzato.

### *2.1 Norme di riferimento nazionali*

Il compostaggio entra nella normativa italiana nel 1984, con due diversi atti, pubblicati a distanza di neanche due mesi, ma completamente skoordinati:

- la deliberazione 27 Luglio 1984 del Comitato Interministeriale di cui all'art. 5 del D.P.R. 915/1982, "Disposizioni per la prima applicazione dell'Articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n.915, concernente lo smaltimento dei rifiuti";
- la legge del 19 Ottobre 1984, n. 748, "Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti".



Negli ultimi anni una Commissione tecnico-consulativa ha lavorato in sede del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali per la definizione dei limiti di accettabilità del compost come ammendante, ai sensi della Legge n. 748/84 (G.U. n. 305, 1984). Dal lavoro di tale Commissione sono stati emanati il D.M. 27 Marzo 1998, come modifica dell'Allegato 1C della legge 19 ottobre 1984, recante Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti, e il D.M. 3 novembre 2004 (come modifica di alcuni limiti in metalli pesanti), che hanno consentito di completare il quadro normativo per gli ammendanti di qualità, ottenuti dal trattamento di rifiuti selezionati. La modifica aggiorna l'elenco e le caratteristiche della categoria di prodotti "Ammendanti organici naturali" includendo, per gli ammendanti a base di rifiuti, oltre ai parametri agronomici, anche requisiti di qualità ambientale, quali i metalli pesanti, così come la legge stessa prevedeva nel proprio articolato.

Tab 4. LIMITI ALLEGATO 1.C LEGGE 748/84 (come modificati dal decreto 27 marzo 1998) per  
Ammendante Compostato Misto

PARAMETRO	Limiti D.M. 27.03.98	
Azoto organico sul secco	> 80% dell'azoto totale	Materiale plastico ( $\emptyset \leq 3,33$ mm)
Umidità	< 50% s.l.q.	Materiale plastico ( $3,33$ mm < $\emptyset \leq 10$ mm)
Carbonio organico	> 25% s.s.	Altri materiali inerti ( $\emptyset \leq 3,33$ mm)
Acidi umici e fulvici	> 7% s.s.	Altri materiali inerti ( $3,33$ mm < $\emptyset \leq 10$ mm)
CIN	< 25	Materiali plastici ed inerti ( $\emptyset > 10$ mm)
PH	6-8,5	Salmonella
Rame totale	150 p.p.m s.s.	Enterobacteriaceae totali
Zinco totale	500 p.p.m s.s.	Streptococchi fecali
Piombo totale	140 p.p.m s.s.	Nematodi
Cadmio totale	1,5 p.p.m s.s.	Trematodi
Nichel totale	50 p.p.m s.s.	Cestodi
Mercurio totale	1,5 p.p.m s.s.	
Cromo esavalente	0,5 p.p.m s.s.	

Questa differenza nella regolamentazione ha portato, nella pratica, all'esistenza di due tipi di compost, definiti sulla base della norma a cui facevano riferimento: un "compost-748", formato da soli rifiuti urbani, impiegabile senza particolari limitazioni, e un "compost-915", contenente anche rifiuti di altro genere e fanghi di depurazione, di qualità spesso superiore, ma utilizzabile solo dopo

costose analisi e comunque con grossi limiti.

Inoltre, nonostante l'evoluzione della normativa, alcuni parametri analitici, da determinare per la definizione della qualità dei prodotti di compostaggio, risultano tuttavia penalizzanti per i limiti molto restrittivi per alcuni metalli pesanti, per il carbonio organico, per gli inerti e per le caratteristiche microbiologiche, e possono determinare l'esclusione dalla legge 748 di molti lotti di compost nella quasi totalità degli impianti italiani operanti su matrici organiche preselezionate. Peraltro, se gli stessi limiti sui metalli pesanti fossero applicati ai concimi organici, attualmente non vincolati, si avrebbero le medesime difficoltà.

Per questo, alcuni chiedono che vi sia un quadro normativo più chiaro o, come ha fatto la regione Veneto, che si definisca un regime di tolleranze sul punto dei contenuti chimici di cui sopra.

Da questa osservazione è nata l'esigenza di valutare, anche allo scopo di una revisione/integrazione delle normative esistenti e della proposizione di nuove, la qualità di compost di diversa derivazione, al fine di garantire standard produttivi in grado di assicurare un ammendante organico di alta qualità.

### 2.1.3 Decreto Commissariale 296/02

In base al Decreto Commissariale n. 296 del 30/09/02, ciascun bacino, o ambito territoriale ottimale, deve essere dotato di un impianto di biostabilizzazione, sulla base dello schema generalizzato di sistema integrato di gestione dei rifiuti solidi urbani, a valle della raccolta differenziata. Per questo impianto sono previste due opzioni a seconda del grado di stabilità che si intende ottenere per il rifiuto, e di una sezione per la separazione. In particolare, la frazione umida stabilizzata può o essere smaltita direttamente in discarica come rifiuto biostabilizzato, se  $IRD < 800 \text{ mg O}_2/(\text{Kg} \cdot \text{V} \cdot \text{S}^* \cdot \text{h})$ , o come frazione umida matura, se  $IRD < 400 \text{ mg O}_2/(\text{Kg} \cdot \text{V} \cdot \text{S}^* \cdot \text{h})$ , da riutilizzare come materiale di copertura o per interventi di risanamento ambientale (vedi APPENDICE).

Vale quindi la pena di precisare quale sia la differenza tra il processo di biostabilizzazione e quello di compostaggio di rifiuto indifferenziato.

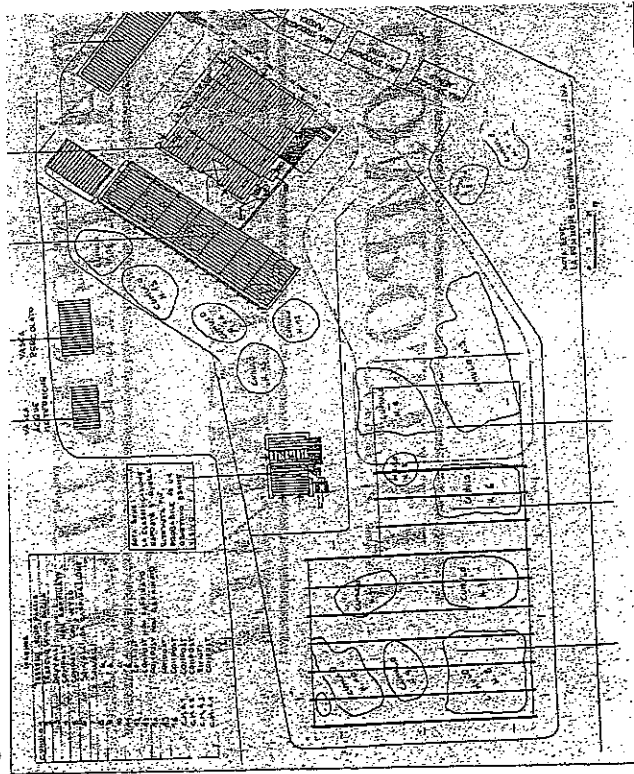
La biostabilizzazione di rifiuto indifferenziato tal quale porta a compost maturo raffinato, con fase di maturazione secondaria facoltativa, che deve rispettare *solo* l'indice di respirazione IRD, ai sensi del citato Decreto Commissariale 296/2002.

Se invece si volesse avviare questo tipo di rifiuto a compostaggio, la fase di maturazione secondaria dovrebbe essere obbligatoria, e il prodotto finito dovrebbe rispondere alla

Nel Maggio 2005 ebbe inizio l'attività più importante ai fini della bonifica dell'impianto comunale di compostaggio, quella di trasporto a discarica dei sovvalli. Parallelamente hanno avuto luogo attività di pulizia del capannone dedicato alla maturazione accelerata della frazione organica, ed in particolare questo avveniva durante gli inevitabili tempi morti determinati dall'enorme differenza tra il tempo necessario a caricare i mezzi di trasporto (qualche decina di minuti) ed i tempi di trasferimento a discarica del carico (dell'ordine di ore). Il compost ancora presente all'interno del capannone veniva quindi trasferito all'aperto.

Al momento del sequestro, i cumuli erano presenti secondo la seguente disposizione (puramente qualitativa poiché non erano stati mai numerati progressivamente né classificati):

Fig. 2. Situazione dei cumuli di materiale di varia natura al momento del sequestro



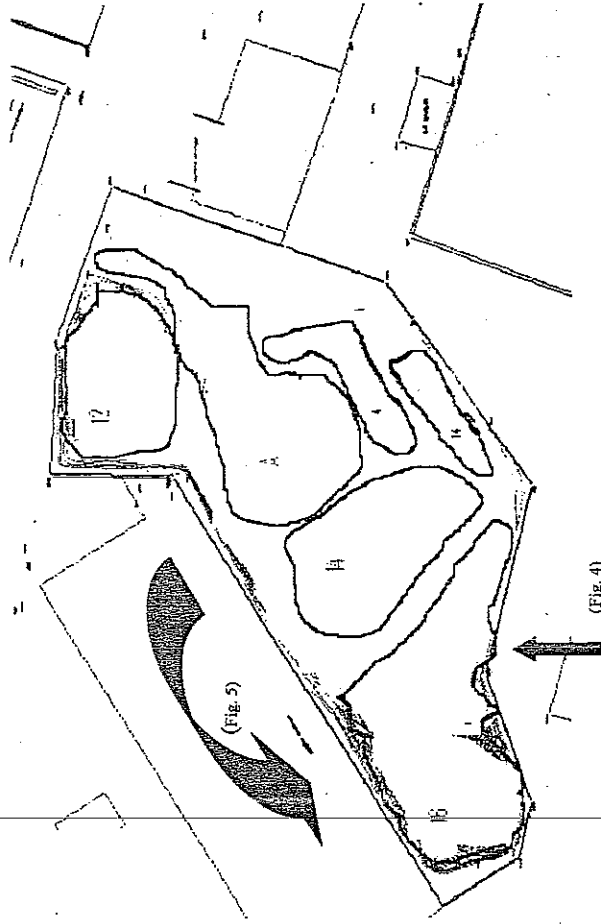
Nell'impianto erano quindi presenti ingenti quantità sia di sovvalli che di compost, sulle aie di maturazione e all'interno dei capannoni. Gli unici cumuli che non vennero avviati a smaltimento furono i seguenti, la cui classificazione esposta è di natura esclusivamente qualitativa, cioè quella ritenuta più probabile ad un obiettivo esame visivo:

Tab. 5. Classificazione qualitativa dei cumuli di compost rimasti all'interno dell'impianto

Cumulo	Natura del cumulo
4	Compost non raffinato
A	C.M.A. 1-2-4 (compost non raffinato nei capannoni destinati alla maturazione accelerata)
12	Compost
14	Compost non raffinato
16	Compost raffinato

Questi cumuli vennero presumibilmente compattati a dare la forma attuale (Fig.3):

Fig. 3. Ricostruzione della disposizione dei cumuli originari di compost (con i punti di vista delle Figg. 4 e 5)



L'aspetto del cumulo, vista la sua immensa quantità e la diversa origine dei materiali, è assai diverso nelle varie porzioni.

La porzione di materiale costituito prevalentemente dal cumulo 16, composti raffinato, ha un aspetto molto omogeneo e *semberebbe* ben unificato (Fig. 4):

Tab. 8. Quantità di sovralli già smaltiti dall'impresa.

	1999	2000	2001	2002	2003	Totale
Sovvallo ad AMU trani	-	-	-	1.701	6.925,0	8.626,0
Sovvallo ad Ecoteva	-	134,14	267,58	556,02	-	957,7
TOTALE	-	-	-	-	-	9.583,7

Quindi da un semplice bilancio di massa si può stimare che i sovralli in stoccaggio non autorizzato nell'impianto al momento del sequestro ammontassero a circa 12.000 tonnellate.

Per quanto concerne il prodotto finito, definito compost, è possibile effettuare una stima di massima considerando una percentuale di produzione del 40% dai rifiuti indifferenziati e del 20% da quelli tal quali ( Tab. 9).

Tab.9 Stima della quantità di compost prodotto

	Tonnellate
Da raccolta differenziata	21.782
Da raccolta indifferenziata	2.098
Totale	23.880

In Tab. 10 sono riportate le quantità di prodotto finito alienato dall'impianto, in parte avviate a discarica, in parte a un improprio riutilizzo.

Tab.10	Tonnellate
Discarica coda della volpe	1607
Consorzio sviluppo industriale	693,1
SAPA s.r.l.	7,5
SELP s.r.l.	718,3
Totale	3.025,6

Quindi la quantità di prodotto in stoccaggio al momento del sequestro ammonterebbe, secondo l'impresa, a 23.880-3.026=20.854 tonnellate  
Secondo l'ente concessionario, quindi, giacevano nell'impianto 22.460 tonnellate di compost:

Tab. 11	Quantità
Sovralli provenienti dal bacino BA 1	323 t
Sovralli provenienti da altri bacini	11.583 t
Compost	22.460 t

Questo consisteva peraltro in una gravissima inadempienza contrattuale, visto che il processo di biotratamento dei rifiuti prevedeva che venissero stoccati al chiuso, in depressione e solo per tre giorni.

Tuttavia, secondo quanto rilevato direttamente dalla ASM, nell'impianto erano presenti circa 12.000 tonnellate di sovralli e circa 18.000 di compost. Inoltre va considerato che erano avvenuti quattro incendi che avevano interessato rifiuti e/o sovralli, che hanno quindi ulteriormente ridotto la quantità di materiale all'interno dell'impianto, per cui si può stimare che la quantità di compost non rimesso ammonti a "solo" 14.000 tonnellate.

Le misurazioni sono schematizzate nella seguente tabella (Tab. 12):

Tab.12. SCHEMATIZZAZIONE DEI CUMULI DI COMPOST PRESENTI NELL'IMPIANTO

N.ORD. CUMULO	DIMENSIONI MISURATE	ALTEZZA VALUTATA	VOLUME NETTO	PESO SPECIFICO	FENDENZA VALUTATA	NATURA MATERIALI	QUANTITA' IN PESO (t)
4 A	40x20x30	6	882	0,9	45	Compost non raffinato	794
4 B	23x30x22	4	1976	0,9	45	Compost non raffinato	1.778
12	13,6x19x14,4	4,5	957	0,9	45	Compost	862
14	19,5x17x21x16,8	6	1859	0,9	60	Compost non raffinato	1.673
16	47x13,5x8,8x21	7,5	3474	0,9	60	Compost raffinato	3.126
C.M.A. 1			30	0,9		30 mc di compost	27
C.M.A. 2			100	0,9		100 mc di compost	90
C.M.A. 4	25x15	2,5	700	0,9	60		630
				Totale compost	14.168		

### 3.1.3 Calcoli volumetrici

Attraverso uno sviluppo dei dati ricavati dai rilievi topografici, è stato anche possibile ricavare delle preziose informazioni sulla volumetria del cumulo. Questo calcolo si rivela peraltro utile per una rigorosa stima sulla sua massa.

Per giungere ad un aspetto tridimensionale del cumulo è stato necessario principalmente chiudere le polilinee realizzate mediante i rilievi, acquisirle come regioni ed estrarle alle rispettive quote, in modo da ottenere dei solidi parziali. Successivamente si sono uniti tutti i solidi estrusi, calcolando poi il volume totale del cumulo, (comando regione-proprietà di massa) tenendo conto di depressioni e buche. In fig. 9 è raffigurata la rappresentazione del cumulo in AutoCAD:



Fig. 9. Veduta del cumulo dall'altitudine coperta (immagine AutoCAD 3D).

In base ai calcoli eseguiti, il volume totale stimato del cumulo ammonta a 14906 mc. Considerando un peso specifico medio di 0,9 t/mc, si può stimare che la massa del cumulo ammonti a circa:  $14906 \cdot 0,9 = 13415$  tonnellate, dato peraltro assai simile a quello calcolato dalla ASM.

### 3.1.4 Calcolo delle masse dei singoli lotti del cumulo

Dopo aver determinato il volume totale del cumulo, diventa prioritario conoscere la massa. Pertanto, anche allo scopo dei campionamenti da effettuare, si è proceduto a "separare" il materiale, così abbondante e così eterogeneo, in 10 lotti. Di ognuno, con una procedura analoga a quella adoperata per conoscere il volume totale (partendo cioè dalle polilinee opportunamente chiuse), si è calcolato il volume parziale; successivamente, utilizzando il peso specifico di 0,9 t/mc per l'intero cumulo, è stato possibile conoscere la massa di ogni lotto e infine quella totale.

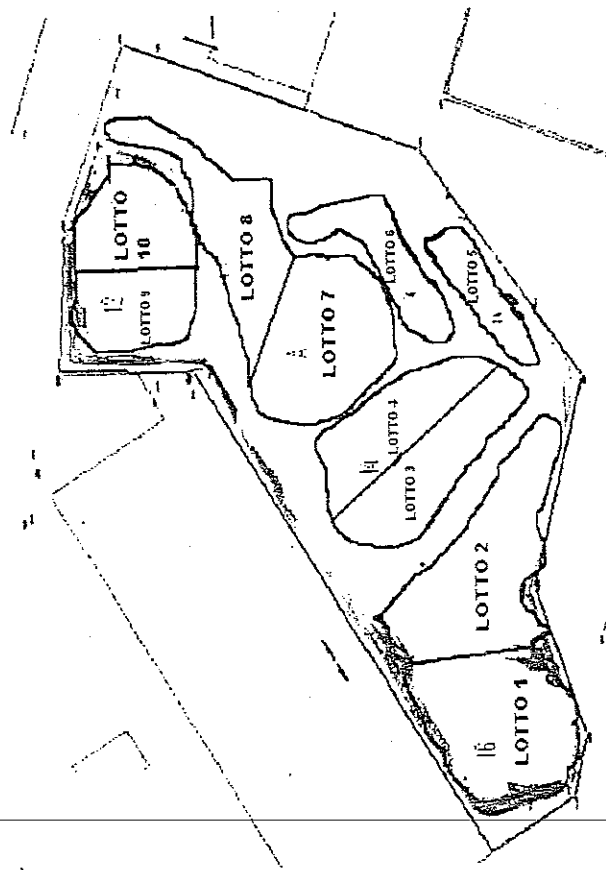


Fig. 10. Suddivisione del cumulo in lotti

#### 4.1. Misurazione delle temperature dei cumuli

##### 4.1.1. Misurazione effettuata alla ASL BA 2 in data 16/08/2005

Con riferimento alla planimetria riportata in fig. 3, utilizzata anche dalla ASL BA 2 per registrare il prelievo di campioni, le temperature registrate nei diversi cumuli sono riportate nella seguente tabella.

Identificazioni cumulo	Materiale in cumulo	Temperatura media cumulo (°C)
4	Compost non raffinato	57,0
12	Compost	37,5
14	Compost non raffinato	59,8
16	Compost	38,2
C.M.A. 1	Non significativo (quantità molto ridotta)	
C.M.A. 2	Non significativo (quantità molto ridotta)	
C.M.A. 4	Compost	27,3

Alla data 16/08/2005, le temperature rilevate consentono di identificare una situazione eterogenea, con cumuli nei quali l'attività biologica è certamente presente (cumuli 4, 14), altri in cui può ritenersi latente (cumulo 16), altri in cui appare cessata (C.M.A. 4). Solo questi ultimi potrebbero essere realmente stabilizzati dal punto di vista biologico: gli altri necessitano quasi certamente di ulteriore maturazione (disposizione in cumuli ad elevata superficie specifica ed eventualmente insufflazione) perché si possano dire effettivamente compostati. In questo contesto risulterà particolarmente utile il dato dell'Indice Respirimetrico Dinamico, oltre che dell'indice di putrescibilità, nel corso dell'indagine analitica.

##### 4.1.2. Misurazione effettuata dalla ASM in data 26/05/06

In tabella sono riportati i dati delle temperature rilevati dai tecnici della ASM a quasi un anno di distanza dai rilievi della ASL BA 2:

ID Loto	Temperatura media cumulo (°C)	Umidità (%)
1		37,32
2	57,9	
3	59,5	34,08
4	55,0	32,68
5	45,0	32,64
6	53,5	36,01
7	53,2	36,52
8	45,8	29,10
9	43,4	21,29
10	52,6	29,86
	50,4	28,12

In definitiva, si è potuto constatare un generale aumento delle temperature nonché una ripresa delle attività biologiche. Sebbene le temperature che permettono le migliori performance di degradazione siano attorno ai 45 °C, valori superiori sono tipici. Ciò è positivo in primo luogo per ottenere l'igienizzazione della biomassa, ed in secondo luogo per limitare le perdite d'acqua che, altrimenti, diverrebbero troppo elevate richiedendo più interventi di umidificazione. In siffatte condizioni, temperature non inferiori ai 55 °C (per almeno tre giorni), e non superiori ai 65 °C possono ritenersi idonee.

I dati relativi alle temperature vanno tuttavia considerati insieme a quelli dell'umidità. Essa è il parametro più facile da determinarsi ma purtroppo, come rilevato spesso e volentieri, il meno controllato. Un processo aerobico, infatti, a causa delle reazioni di degradazione esotermiche, produce calore. Tale calore determina l'evaporazione dell'acqua che viene poi allontanata dal sistema a mezzo dell'aerazione. Pertanto, l'essiccamento della massa durante il processo diviene un fatto irrinunciabile, ed anzi sintomo di un buon funzionamento del processo. Una biomassa che non

### 4.3. Commento ed ipotesi di caratterizzazione

Poiché, in base ai dati storici analitici, si presume che l'impianto non sia mai stato in grado di produrre compost a norma a partire da nessuna matrice, appare legittimo sospettare che il cumulo di compost ancora presente nell'impianto, poiché cronologicamente copre quasi tutto il periodo di esercizio dell'impianto, non sia perfettamente idoneo ad applicazioni agronomiche. Tuttavia, fino ad oggi sono stati eseguiti i seguenti accertamenti analitici:

Tipo di analisi eseguite	Esempi di determinazioni	
	Fisiche	Chimiche e spettrofotometriche
Chimiche e spettrofotometriche	pH, peso specifico, granulometria, presenza di inerti e ferrosi, umidità, ceneri	Carbonio organico
Microbiologiche	N, P, K, As, Cd, Cr, Hg...	Streptococchi, Salmonella, E. coli
Mercurologiche	Cura, plastica, gomma...	
Gascromatografiche	Solventi organici	

A questo punto, dunque, risulta particolarmente prioritario eseguire una indagine di tipo respirometrico, in modo da poter conoscere il destino del cumulo, o di parte di esso. Se si trovasse un valore di  $IRD < 800 \text{ mg O}_2/\text{Kg S.V.h}$ , in base al già citato Decreto Commissariale 296/02, il prodotto si potrebbe dichiarare *refratto biostabilizzato da discarica* (RBD), con un discreto risparmio sui costi di smaltimento per tonnellata. Se poi, nella migliore delle ipotesi, il valore trovato fosse  $< 400$ , il prodotto potrebbe essere classificato come *refratto biostabilizzato maturo* (RBM), ed utilizzato in paesaggistica (vedi APPENDICE), oppure, abbinato ad ulteriori indagini analitiche, in pieno campo se risultasse in specifica anche nel resto delle determinazioni.

### 4.4 Proposta di campagna analitica

Dal momento che nell'impianto sono presenti essenzialmente matrici provenienti da FOS e da compost raffinato (o presunto tale), si è pensato di condurre due filoni di analisi differenti. Per il materiale stoccato come FOS si è determinato principalmente l'indice respirometrico dinamico (IRD), unitamente ad una misura dell'impatto dei lisciviati ( $BOD_5$  e COD). Per i compost, inoltre, si è prevista una indagine più dettagliata che contemplasse l'analisi di parametri agronomici e di accettabilità ambientale secondo quanto previsto dal DCI 277/84; per cui, nella migliore delle ipotesi, ci si augura di poter utilizzare la FOS per ripristini ambientali e il compost raffinato per scopi agronomici.

### 4.5. Determinazioni analitiche effettuate

- Le operazioni di campionamento sono state seguite da due operatori secondo le metodiche di analisi di analisi del compost (manuale ANPA 3/2001).
- Su 6 campioni, presi dalla frazione di cumulo costituita presumibilmente da FOS, costituiti da frazione organica (CER 190503), è stata eseguita un'indagine analitica comprendente IRD (metodica UNI/TS 11184),  $BOD_5$  (IRSA CNR/Q100/5100), COD (IRSA CNR/Q100/5100), Indice di putrescibilità (metodica Adani-Scaglia).
- Su 4 campioni, prelevati dalla frazione organica compostata raffinata, si è invece seguita una campagna analitica volta a verificare il suo possibile impiego in attività di ricostruzione dello strato superficiale di discariche esaurite in purezza o in miscela con terreno vegetale. Tale indagine è stata eseguita secondo D.C.I. del 27-07-84.342 (tabella 3.2). Inoltre è stata eseguita anche la determinazione della stabilità biologica del materiale depositato tramite IRD, nelle stesse condizioni dei 6 campioni sopra citati.

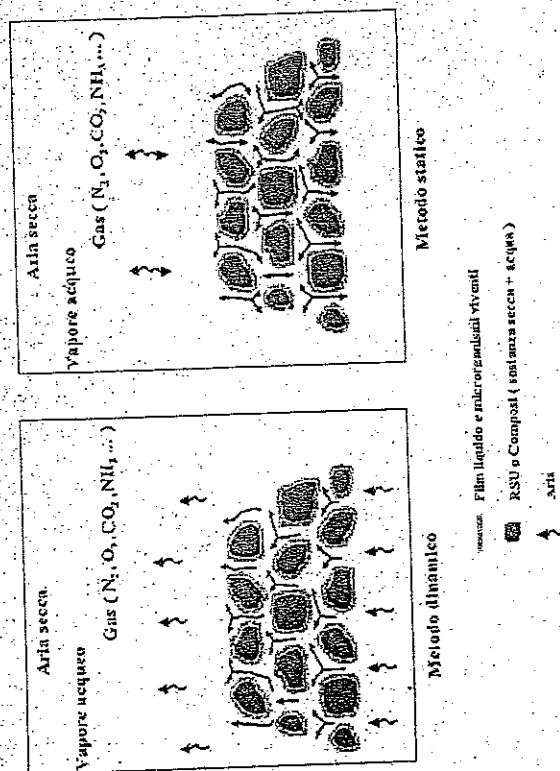


Fig. 5.1. Confronto tra metodo respirometrico statico e dinamico

In tempi recenti è stato messo a punto presso il DiProVe un nuovo metodo di misura per la determinazione dell'indice respirometrico di tipo dinamico. Il metodo, testato ormai su più di un centinaio di matrici differenti e su decine di processi biologici, è divenuto di utilizzo routinario nonché metodo ufficiale della Regione Lombardia.

Il metodo si propone di determinare la stabilità biologica del compost o di materiali in fase di compostaggio tramite la valutazione dell'attività microbica mediante la misura, diretta o indiretta, del consumo di ossigeno. A tal fine il campione analizzato deve presentare una popolazione batterica attiva sufficientemente sviluppata nel substrato e la prova deve essere condotta in condizioni aerobiche controllate e senza fattori limitanti. L'indice respirometrico (IR) che ne deriva può essere usato come indicatore della stabilità biologica della sostanza organica presente nel campione. Valori elevati dell'indice respirometrico sono correlabili a un'elevata putrescibilità residua della matrice, mentre valori bassi di IR sono propri di matrici stabili, ossia con un ridotto contenuto di sostanza organica rapidamente biodegradabile. Il grado di stabilità dà inoltre indicazioni sull'emissione potenziale di sostanze odorogene e sulla fitotossicità in relazione all'utilizzo agronomico. Nella prova respirometrica ad ossigeno non limitato (dinamica), l'indice

respirometrico viene determinato mediante misura diretta del consumo microbico di ossigeno in un reattore termostato opportunamente rifornito di aria. La prova non è limitata nella durata temporale, in quanto sono sempre garantite condizioni strettamente aerobiche durante tutto il test. Una indagine di questo tipo è stata abbinata, nel nostro studio, ad una che testi la putrescibilità del cumulo, cioè la tendenza della materia organica ad essere rapidamente decomposta da parte dei batteri, con sviluppo di condizioni anaerobiche e produzione di composti maleodoranti.

### 5.1.1. Respirometro ad ossigeno non limitato

Si tratta di un reattore a chiusura ermetica di circa 20 litri, dotato di una sonda di temperatura con un cestello a fondo forato, inserito in un contenitore termostato, all'interno del quale sono alloggiati anche tutti i componenti del circuito dell'aria. Il sistema di ventilazione/analisi è costituito da due circuiti pneumatici, il primo a bassa portata, realizzato per l'analisi continua dell'ossigeno presente mediante una sonda, e il secondo a portata maggiore, che consente il ricircolo in continuo dell'aria che attraversa la matrice analizzata. Un software specifico acquisisce ad intervalli regolari i segnali di temperatura e concentrazione dell'ossigeno all'interno del reattore.

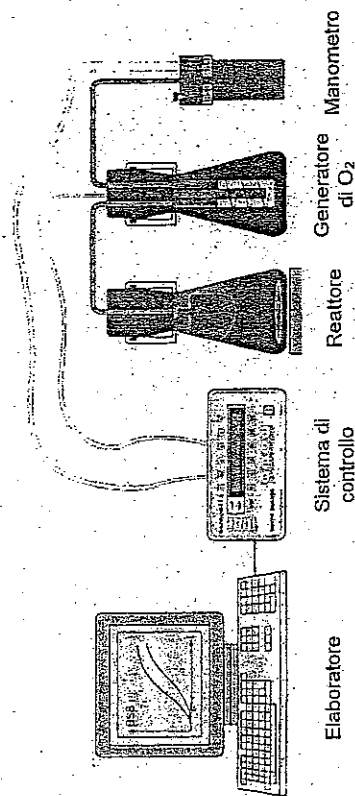
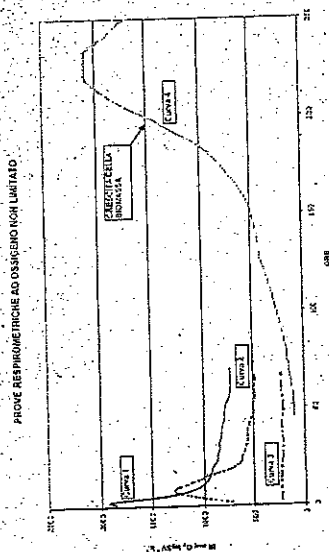


Figura 5.2 - Schema dell'apparecchiatura per la determinazione dell'indice respirometrico.



I campioni che in un test respirometrico dovessero mostrare un respirogramma costante nel tempo, per 24-30 ore, e con valori bassi di  $IR_{24}$  rispetto ai valori attesi (ridotta velocità di consumo dell'ossigeno), pur presentando caratteristiche proprie di materiali putrescibili (odore pungente di ammoniacale e acidi volatili), possono evidenziare un marcato squilibrio tra la biomassa presente ed il substrato, o una condizione di forte inibizione dell'attività microbica. Questi campioni dovrebbero essere sottoposti preferibilmente ad un test respirometrico ad ossigeno non limitato di lunga durata, o, in mancanza dell'apparecchiatura necessaria, a test sequenziali ad ossigeno limitato che risultano più onerosi per l'operatore.

### 5.2. $BOD_5$

Questo parametro (Biochemical Oxygen Demand) rappresenta una misura della quantità di ossigeno consumata per l'ossidazione biologica delle sostanze organiche biodegradabili ad opera degli autotrofi e quindi fornisce indicazioni sulla qualità del processo di compostaggio. La sua determinazione viene condotta in condizioni operative standardizzate (tentando di riprodurre le condizioni naturali). Il BOD assume importanza solo se integrato ad altri parametri.

#### 5.2.1. Principio

Il campione in esame viene frazionato in due parti. Sulla prima si determina subito l'ossigeno libero contenuto; sulla seconda si fa la stessa prova dopo 5gg. La differenza di queste due misure corrisponde all'ossigeno consumato per attività biologiche. Questo parametro è significativo quando ossigeno e microrganismi nel campione in esame sono eccedenti rispetto alle sostanze biodegradabili: queste ultime fungono da fattore limitante.

L'analisi del BOD, di norma fissata per un periodo di 5 giorni sotto incubazione a  $20^{\circ}\text{C}$ , può essere

effettuata con metodi chimici, respirometrici e polarografici: l'adozione dei metodi chimici (diluzione e titolazione secondo il metodo di Winkler) è consigliata qualora non si volesse adottare l'impiego di apparecchiature elettroniche.

### 5.3. COD

La domanda chimica di ossigeno (COD = Chemical Oxygen Demand) indica il fabbisogno di ossigeno necessario per ossidare chimicamente le sostanze organiche e inorganiche ossidabili presenti in un campione di acqua. Le condizioni sono standardizzate e si fa uso di ossidanti energetici attivi per la maggior parte di sostanze organiche ed inorganiche; tale valutazione si basa infatti sulla misura della quantità di ossidante (dicromato di potassio) consumato in presenza di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{AgSO}_4$  come catalizzatore dell'ossidazione. La quantità di ossidante consumato viene espressa in  $\text{mg/l}$  di ossigeno ed è proporzionale alla concentrazione delle sostanze organiche e inorganiche ossidate nelle condizioni del metodo.

#### 5.3.1. Principio

Secondo questo metodo le sostanze organiche vengono ossidate a caldo con bicromato in ambiente acido, usando il solfato di argento come catalizzatore. Si evita l'ossidazione dei cloruri aggiungendo solfato mercurico. Un refrigerante a ricadere evita la perdita di sostanze volatili e mantiene costanti le condizioni di reazione. Il bicromato che non ha reagito viene rititolato con ione ferroso, usando come indicatore ferroina.

La determinazione del COD è raccomandata come un complemento alla determinazione del  $BOD_5$ , che è il solo in grado di indicare indirettamente la concentrazione della sostanza organica biodegradabile. Non c'è una correlazione precisa fra COD e  $BOD_5$  (anche se in genere  $\text{COD}/\text{BOD}_5 = 1,5 : 3$ ; nel nostro caso  $\text{COD}/\text{BOD}_5 =$  circa 1,9), ma il test COD può essere molto utile (anche per la sua rapidità di esecuzione) per determinare il carico inquinante e valutarne il trattamento ed il controllo.

### 5.4. $I_{pc}$

Per una più efficace valutazione dell'impatto di un rifiuto in discarica, è stata recentemente proposta la misura dell'indice di Putrescibilità Corretto ( $I_{pc}$ ), parametro questo in grado di riassumere in un unico numero l'impatto complessivo del rifiuto, in termini di potenzialità d'impatto dei lisciviati, di produzione di biogas, di odori etc. Il valore di  $I_{pc} = 33$  viene ritenuto idoneo per l'accettabilità di un rifiuto in discarica.



### 6.3 Analisi chimico-biologiche

La valutazione della qualità del materiale, in termini di putrescibilità potenziale, è stata misurata attraverso alcuni parametri chimico-biologici quali il pH (ANPA 2001), i solidi volatili (Reg Piemonte, metodi di analisi del compost 1998, C4), l'Indice di Respirazione Dinamico (IRD), il COD ed il BOD5 (vedi Sez. 5). I parametri IRD, COD e BOD5, sono stati successivamente utilizzati per calcolare l'Indice di Putrescibilità Corretto, parametro questo in grado di descrivere la putrescibilità potenziale di un rifiuto (produzione di biogas, di lisciviati, di odori etc.) da allocarsi in discarica, e recentemente messo a punto da Adani e Scaglia (2006).

#### 6.3.1 Analisi parametri agronomici e di accettabilità ambientale

I lotti di rifiuto classificati come compost raffinato (Lotti 1, 2, 9 e 10), sono stati analizzati per una serie di parametri volti a verificare la possibilità di recupero del materiale in ambiente non protetto. I criteri di qualità adottati fanno riferimento a quelli indicati nel DCI 27/7/84 per la definizione di qualità del compost da rifiuti. Tali parametri di qualità, sono spesso utilizzati anche per definire la qualità di un biostabilizzato. In particolare si identificano:

Parametri agronomici:

- percentuale di inerti (Reg Piemonte, metodi di analisi del compost 1998, F11);
- contenuto di sostanza organica (UNI 10780 app. E);

Macroelementi quali:

- azoto (UNI 10780 app. J);
- fosforo e potassio (UNI 10780 app. B);
- sostanza organica unificata (Metodo UNI 10780)

Parametri di accettabilità ambientale:

- concentrazione totale di metalli pesanti (UNI 10780 app. B);
- presenza/assenza di salmonella (ISTISAN 02/3).

### 6.2. Movimentazione

Dai campioni composti, della dimensione ognuno di 70 kg circa, sono stati estratti, previo accurato rimiscolamento e successiva quarantura, i campioni da laboratorio del peso di 15-20 kg.



Figg. 6.3, 6.4, 6.5 Fasi della movimentazione dei campioni

Una volta raccolti, i campioni sono stati trasferiti a mezzo corriere presso i Laboratori dell'Università di Milano.

## 7.2. Valutazione della qualità agronomica e ambientale dei rifiuti raffinati assimilabili a "compost"

La tabella 2 riporta i risultati di analisi del DiProVe - Università degli Studi di Milano relativi alle determinazioni delle caratteristiche agronomiche dei compost (Lotti 1-2-9-10) ai sensi del DCI 27/7/84.

Parametri	Lotto 1	Lotto 2	Lotto 9	Lotto 10	Limiti di accettabilità DCI 27/07/84	Metodica
Materiali merli (% ss)	2.5	11.05	1.11	1.86	≤3	ANPA 3/2001
Vetri (% ss)	2.03	10.31	1.01	1.82	≤3	ANPA 3/2001
Vetri (% superiore a 3mm s.s.)	0.94	7.30	0.72	1.08	≤3	ANPA 3/2001
Materie plastiche (% s.s.)	0.52	0.74	0.10	0.04	≤1	ANPA 3/2001
Materiali ferrosi (% ss)	0	0	0	0	≤0.5	ANPA 3/2001
Umidità	37.32	34.08	29.86	28.12	≤45	Metodo UNI 10780 app. C
Sostanza organica (% ss)	35.35±0.61	31.77±2.08	31.69±1.59	32.05±0.11	≥40	Metodo UNI 10780
Sostanza mineralica (% ss)	11.31±1.70	11.50±0.93	15.27±1.41	14.43±0.14	≥20	Metodo UNI 10780
Rapporto C/N	16.81	20.70	15.84	16.45	≤30	
Azoto totale (% ss)	1.22±0.08	0.89±0.02	1.16±0.01	1.13±0.12	≥1	Metodo UNI 10780 app. J
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (% ss)	0.46±0.35	0.57±0.91	0.37±0.06	0.70±0.12	≥0.5	GU 1805 Agosto 1986
K <sub>2</sub> O (% ss)	1.13±0.05	0.85±0.01	0.92±0.00	0.89±0.01	≥0.4	Metodo UNI 10780 app. B

Tabella 2. Caratteristiche agronomiche dei compost ai sensi del DCI 27/07/84

## 7.1.2 BOD e COD

Anche l'impatto dei lisciviati è contenuto e conferma il basso impatto biologico dei rifiuti.

## 7.1.3. Ipc

I valori di Ipc per i lotti 3-4-5-6-7-8-9-10 sono bassi ed inferiori al valore di Ipc = 33, ritenuto un valore idoneo per l'accettabilità di un rifiuto in discarica.

I campioni dei Lotti 1 e 2, in analogia con quanto visto prima, mostrano Ipc superiori, anche se simili al valore Ipc = 33, suggerito quale valore limite di accettabilità di un rifiuto in discarica.

Quanto osservato trova giustificazione nel fatto che l'esiguo contenuto di sostanza organica (assimilabile al contenuto di solidi volatili) dei Lotti 1 e 2, diluisce notevolmente l'eventuale impatto dovuto a valori di IRD superiori ai valori ritenuti comunemente accettabili (es. 800-1000 mg O<sub>2</sub> kg SV<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). I risultati relativi alla misura della stabilità biologica (IRD) e dell'impatto dei lisciviati (COD e BOD<sub>5</sub>) sembrano comunque indicare in definitiva un impatto contenuto dei rifiuti trattati.

I risultati della presente ricerca mettono in evidenza la presenza di rifiuti che hanno subito una spinta mineralizzazione con una sensibile riduzione della putrescibilità e quindi del potenziale impatto associato al rifiuto. Quanto emerso trova corretta espressione nella misura dell'Indice di Putrescibilità Corretto. In particolare, e con riferimento ai limiti di accettabilità di frazioni di rifiuti stabilizzate, i valori di IRD determinati risultano abbondantemente inferiori al valori di 800 mg O<sub>2</sub> kg SV-1 h-1, come indicato dalla Regione Puglia per il collocamento del rifiuto biostabilizzato in discarica ed in molti casi inferiori anche al limite di 400 mg O<sub>2</sub>kg SV-1h-1, richiesto per l'utilizzo dei materiali in attività di ripristino ambientale. I Lotti 1 e 2 fanno eccezione, anche se la potenzialità d'impatto misurata attraverso l'Ipc appare comunque contenuta. Tali materiali quindi necessitano in ogni caso di una ulteriore fase di maturazione (siano essi destinati alla discarica ovvero a ripristini ambientali).

Per quanto riguarda gli approfondimenti analitici eseguiti sui lotti 1, 2, 9 e 10, ai sensi della DCI 27/7/84, col fine di evidenziare la qualità "agronomica" di frazioni ottenute dopo raffinazione più (Lotto 1) o meno (Lotto 2) spinta, i valori non appaiono confortanti: in sostanza, nessuno dei cumuli presenti è risultato formato da materiali che possano essere definiti "composti" utilizzabile in agricoltura. Tuttavia, vi è da registrare il fatto che il DCI 27/7/84 definisce i parametri di qualità dei compost da rifiuti da utilizzarsi quale ammendante in agricoltura e che quindi, i parametri ivi indicati, non possono essere presi come riferimento circa l'opportunità o meno di utilizzare tali frazioni per altri scopi come, ad esempio il loro utilizzo quale materiale di copertura in discarica ovvero altri usi consentiti dalle norme. In tal caso, infatti, le proprietà agronomiche risulteranno meno vincolanti per il loro utilizzo, divenendo più importanti i parametri ambientali (es. contenuto di metalli e assenza/presenza di salmonella) e la misura dell'impatto totale associato al rifiuto (es. Ipc). A tal proposito si ricorda, ad esempio, che il Decreto Legislativo 152/2006 (in modo non dissimile dal D.M.A. 471/99) indica le concentrazioni massime di elementi potenzialmente inquinanti (tra cui i metalli pesanti) che possono essere raggiunte nei suoli, senza che gli stessi vengano classificati come "contaminati" (caso in cui si dovrebbe procedere ad interventi di bonifica). La frazione organica in questione, perciò, potrebbe essere fatta oggetto di progetti di reimpiego che soddisfino i limiti da rispettare nei suoli interessati dai medesimi. Di conseguenza, si può concludere affermando che potrà essere possibile avviare a processo di recupero o di riutilizzo una grandissima parte del cumulo giacente tuttora presso l'impianto, con notevoli risparmi nei costi di smaltimento a carico della ASM e senza apportare alcun danno all'ambiente. A questo fine potrà peraltro risultare utile la stima volumetrica sui singoli lotti effettuata attraverso i rilievi topografici.

## 8.

# CONCLUSIONI

# *A P P E N D I C E*

- Ripristino ambientale di aree inquinate, in base a quanto previsto dall'Art. 22 del D.Lgs. 22/97, che per tali scopi menziona esplicitamente l'opportunità di privilegiare l'impiego di materiali provenienti da attività di recupero dei rifiuti urbani;

- Sistemazione post-chiusura di discariche esaurite.

Per il compost da rifiuti indifferenziati, in attesa di nuove norme tecniche di attuazione del D.Lgs. 22/97 che ne disciplinino l'impiego in attività paesistico-ambientali, si fa riferimento al D.M. 27 luglio 1984.

Si illustrano di seguito tre casi di studio in cui è stato applicato compost "grigio" nelle discariche.

Ricordiamo che le modalità di copertura delle discariche devono rispettare il Decreto Legislativo del 13 gennaio 2003, di cui viene di seguito riportato uno stralcio.

La copertura deve essere realizzata mediante una struttura multistrato, costituita, dall'alto verso il basso, almeno dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore  $\geq 1$  m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore  $\geq 0.5$  m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3) e 4);
3. strato minerale compatto dello spessore  $\geq 0.5$  m e di conducibilità idraulica di  $\geq 108$  m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi;
4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore  $\geq 0.5$  m;
5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

Poiché la degradazione dei rifiuti biodegradabili, incluse le componenti cellulosiche, comporta la trasformazione in biogas di circa un terzo della massa dei rifiuti, la valutazione degli assestamenti dovrà tenere conto di tali variazioni, soprattutto in funzione alla morfologia della copertura finale. La copertura superficiale come sopra descritta deve garantire l'isolamento della discarica anche tenendo conto degli assestamenti previsti ed a tal fine non deve essere direttamente collegata al sistema barriera di confinamento.

La copertura superficiale finale della discarica nella fase di post esercizio può essere preceduta da una copertura provvisoria, la cui struttura può essere più semplice di quella sopra indicata, finalizzata ad isolare la massa dei rifiuti in corso di assestamento. Detta copertura provvisoria deve essere oggetto di continua manutenzione al fine di consentire il regolare deflusso delle acque superficiali e di minimizzarne l'infiltrazione nella discarica. La copertura superficiale finale deve essere realizzata in modo da consentire un carico compatibile con la destinazione d'uso prevista.

Nel caso in cui il piano di ripristino preveda la ricostituzione di una copertura vegetale, l'intervento

### **CASO 1: SO.GE.NU.S Spa- ANCONA**

La SO.GE.NU.S spa è una società di gestione nettezza urbana e speciali, e il suo impianto di smaltimento rifiuti è ritenuto uno tra i migliori in tutta Italia.

Dal 1989 la SO.GE.NU.S S.p.A gestisce la discarica comunale detta della "Cornacchia" sita nel Comune di Maiolati Spontini (Ancona), con una estensione globale di circa 23 ettari. Su tale area ricade:

- L'impianto di abbancamento dei rifiuti solidi urbani, assimilati e speciali assimilabili agli urbani;
- L'area di abbancamento dei rifiuti speciali non pericolosi;
- Le strutture per il deposito temporaneo dei rifiuti speciali pericolosi destinati allo smaltimento in altri siti ed impianti autorizzati;
- L'impianto per la produzione di compost di qualità;
- L'impianto per il trattamento dei pneumatici usati, mediante triturazione;
- L'impianto di trattamento mediante inertizzazione dei rifiuti speciali e pericolosi compatibili il loro impianto, principalmente fanghi di provenienza industriale.

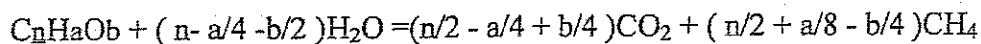


A discarica esaurita il recupero ambientale previsto con copertura completa dei banchi mediante terreni idonei, l'inerbimento e la piantumazione delle superfici permetterà il reinserimento dell'impianto nel contesto dei luoghi limitrofi. L'ultimo strato di copertura finale viene realizzato con terreno o compost grigio, seguita da progressiva aspersione di semine, al fine di ricostruire la copertura erbacea che limita l'erosione del terreno e facilita il reinserimento della discarica nel contesto ambientale limitrofo. Al fine di una corretta gestione vengono inoltre effettuate: operazioni di disinfestazione e derattizzazione; modellazione delle linee di deflusso delle acque, controllo ciclico della efficienza dei mezzi antincendio e della recinzione.

La copertura finale delle superfici con guaina sottostante e sovrapposizione di materiali limo-argillosi con spessori da 1 a 3 metri garantisce il riattaccamento delle essenze erbacee e arbustive e

### **CASO 2: SILVIA CESTARO (PD)**

La Dott.ssa Silvia Cestaro si è occupata di un progetto di aerazione in situ, per la bonifica di vecchie discariche che preveda l'insufflazione dell'aria da pozzi trivellati entro il corpo dei rifiuti e la contemporanea aspirazione del gas di processo da pozzi attigui, con un sistema tale per cui la sostanza organica presente nel corpo dei rifiuti non si degradi in metano, CO<sub>2</sub> e composti maleodoranti:



Essa viene invece convertita in CO<sub>2</sub>, acqua e sostanze ossidate. La sperimentazione è stata effettuata nella discarica RSU2 di Modena, dove è stato installato un impianto pilota costituito da un pozzo centrale di aerazione e da nove pozzi di monitoraggio. In questo impianto la copertura della discarica assume un'importanza prioritaria.

### **FUNZIONI DELLA BARRIERA:**

- Regularizzare la produzione di percolato impedendo o limitando l'infiltrazione di acqua;
- Controllare ed opportunamente indirizzare il flusso del biogas formatosi in seguito ai processi di degradazione anaerobica;
- Isolare i rifiuti dall'ambiente esterno;
- Evitare che il vento possa disperdere le frazioni leggere quali plastica, carta e polveri;
- Rendere indisponibili i rifiuti per uccelli, insetti e ratti;
- Consentire la crescita della vegetazione.



In queste condizioni, il calcolo della concentrazione di metano ossidabile è calcolabile attraverso la seguente formula:

$$K_0 = k_0 d_a \rho_b$$

ove

$K_0$  = coefficiente di ossidazione integrato sulla profondità [g CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup> giorno]

$d_a$  = zona attiva ( o zona di penetrazione dell'ossigeno)

$\rho_b$  = densità del suolo (t/m<sup>3</sup>)

Nella seguente tabella sono riportate le velocità di ossidazione del metano (in g CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>):

Materiale	Velocità media
Compost biostabilizzato da discarica	10,3
Ammendante compostato verde	9,5
Ammendante compostato misto fine	3,6
Ammendante compostato grossolano	8,8
Terreno copertura discariche	6,7

Un sistema di copertura costituito da uno strato di compost di 60 cm accoppiato con una membrana in carbone attivo può consentire la completa ossidazione del metano e l'adsorbimento dei principali composti odorigeni presenti in tracce nel biogas considerando un carico di metano di 5 l·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>. Questo valore può essere considerato caratteristico di vecchie discariche o di nuove discariche per RSU pretrattati.

Confronto dei valori di  $K_0$  tra varie modalità di copertura:

Humer and Leckner (2001)	5,7-18	Compost RSU
	0,1 - 7,2	Compost fanghi
	2,9- 3,6	Terreno copertura

giorno con gli scavi, attraverso l'incorporazione di materiali ammendanti, tra i quali si annovera la frazione organica stabilizzata derivata dal compostaggio dei rifiuti urbani.

L'area di sperimentazione è caratterizzata da un clima di tipo "padano di transizione", con inverni rigidi ed estati calde. Presso il sito sperimentale sono state messe a confronto quattro tesi corrispondenti ai seguenti substrati di ripristino:

A – terreno naturale ("cappello" di cava: è il terreno agrario che copriva una delle ultime porzioni di cava aperte);

B – materiale di cava miscelato con FOS alla dose di 100 t s.s./ha;

C – materiale di cava miscelato con FOS alla dose di 300 t s.s./ha;

D – materiale di cava miscelato con FOS alla dose di 500 t s.s./ha.

L'altezza degli strati ricostruiti è risultata pari a 115 cm circa mentre la giacitura della loro superficie è risultata leggermente inclinata, come del resto era quella del loro piano di appoggio.

Per le concentrazioni relative dei metalli pesanti nella FOS e nel materiale di cava l'aggiunta di FOS ha contribuito ad aumentare in maniera apprezzabile nei substrati le sole concentrazioni di Pb e Zn (che si sono comunque mantenute al di sotto dei valori massimi fissati per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale dal Regolamento bonifica e ripristino ambientale siti inquinati – Decreto ministeriale 471/99) mentre ha addirittura contribuito a diminuire, rispetto alle concentrazioni nel materiale di cava, quelle di Cr e Ni.

Il confronto tra i valori dei parametri chimici determinati sui 4 substrati di ripristino a inizio e fine sperimentazione ha evidenziato, in particolare, la buona costanza dei valori di azoto totale e la decrescita dei valori di carbonio organico e quindi del rapporto C/N nelle parcelle con FOS. Tale tendenza, probabilmente dovuta a mineralizzazione di sostanza organica, è risultata più pronunciata nelle parcelle con le dosi inferiori di FOS.

### **Monitoraggio dei nutrienti nei terreni**

I risultati delle determinazioni periodiche di azoto nitrico e fosforo assimilabile nei suoli hanno messo in evidenza valori molto bassi per le concentrazioni dell'azoto nitrico nella parcella A (fino a massimo 5-6 mg N-NO<sub>3</sub>/kg), con tendenza alla diminuzione fino a raggiungere valori inferiori ad 1 mg N-NO<sub>3</sub>/kg nel corso del periodo di monitoraggio. Nei substrati con FOS è stato evidenziato l'avvio di una spiccata nitrificazione nel corso del periodo estivo, con valori che si sono innalzati repentinamente nel corso dei mesi da giugno a settembre da minimi di 0-4 mg N-NO<sub>3</sub>/kg a massimi di circa 40 mg N-NO<sub>3</sub>/kg, valori comunque normalmente riscontrabili nei terreni agrari.

della tutela del territorio relativo a "Norme tecniche relative al trattamento biologico e al trattamento meccanico-biologico dei rifiuti biodegradabili" (fatta eccezione in alcuni casi per il piombo). In base a tali considerazioni, l'adozione di un limite di FOS di 500 t/ha di sostanza secca (quantitativo massimo sperimentato) in attività di ripristino di ambienti non protetti, ma dotati di naturali buone garanzie di salvaguardia del sito, come le ex cave di argilla, non dovrebbe comportare problemi da un punto di vista ambientale, così come un eventuale superamento della suddetta dose, in funzione della qualità della FOS e della matrice ad essa miscelata (materiale di risulta dall'estrazione dell'argilla o altro, terreno di scavo, ecc.). In quest'ultima eventualità, però, l'utilizzo dovrebbe essere sempre vincolato allo svolgimento di un'adeguata indagine preliminare, in grado di attestare la completa tutela delle matrici ambientali interessate e l'effettivo apporto benefico al terreno, nonché essere preceduto da una relazione tecnica comprendente, tra le altre cose, un'analisi della dinamica dei composti minerali dell'azoto e di tutti i parametri in grado di influire sul rischio per la risorsa idrica. I limiti di dosaggio dovrebbero, inoltre, tenere sempre conto dello spessore dello strato di terreno ricostruito (nella presente sperimentazione mediamente pari ad 1 m circa) e la dose di frazione organica da aggiungere dovrebbe esser ridotta in modo proporzionale alla diminuzione dello spessore del terreno stesso. L'utilizzo di FOS deve, infine, sempre garantire il rispetto, nel suolo ricostituito, dei limiti di inquinanti previsti dalla normativa vigente per la specifica destinazione d'uso (agricolo, verde pubblico, privato, residenziale, commerciale ed industriale). Per l'impiego di FOS in ambienti non protetti e non dotati di barriere naturali di protezione è invece opportuno adottare limiti più restrittivi, in quanto scarse sono al momento le conoscenze in merito alle interazioni chimico-fisiche e biologiche tra FOS e materiale inerte miscelato diverso dall'argilla, soprattutto in relazione all'evoluzione dell'azoto e dei nitrati. La copertura giornaliera durante la coltivazione della discarica può vedere l'impiego del compost anche se si tratta in genere di prodotti poco maturi ma solo stabilizzati (FOS = frazione organica stabilizzata) per i quali risulta determinante l'aspetto della non attrattività; pertanto la loro qualità (contenuto in metalli e altri xenobiotici organici) riveste poca o nulla importanza visto che trovano comunque impiego in un ambiente confinato.

Si pone l'accento sulla necessità di una buona stabilizzazione (raggiungibile attraverso l'indice di respirazione IR) pena il verificarsi di fenomeni fermentativi che potrebbero sfociare nella emissione di molecole ridotte (metano).

## Piante ritenute idonee alla rivegetazione delle discariche ( in grassetto le coltivazioni autoctone)

Acacia farnesiana	Colletta	Lavandula angustifolia (lavanda)
Acacia saligna	Convolvulus cneorum	Leucophyllum frutescens
Agave americana	Cordyline indivisa	Melia azederach
Aloe	Cowania mexicana	Myrsine africana
Anthyllis barba-jovis	Cytisus (ginestra) villosus	Myrtus communis
Anigozanthos flavidus	Diospyros kaki	Olea europea (ulivo)
Arbutus unedo (corbezzolo)	Dorycnium hirsutum	Opunzia ficus-indica
Artemisia (absinthium, alba, arborescens, coerulescens, vulgaris)	Elaeagnus angustifolia	Phillyrea angustifolia
Atriplex halimus	Eucalyptus cinerea	Pistacia lentiscus (lentisco)
Baccharis halimifolia	Ficus carica	Poncirus trifoliata
Ballota pseudodictamnus	Forestiera neo-mexicana	Punica granatum
Brachychiton populneus	Fernontodendron californicum	Robinia pseudoacacia
Bupleurum fruticosum	Genista (ginestra) (januensis, tintoria)	Rosa (tranne le specie: montana, pendulina, pouzinii, rubrifolia, serafini, tormantisa, villosa )
Bursaria spinosa	Grevillea juniperina	Rosmarinus officialis
Capparis spinosa	Grevillea robusta	Salix caprea
Carissa grandiflora	Grevillea rosmarinifolia	Shepherdia argentea
Ceratonia siliqua	Hardenbergia violacea	Spartium junceum (ginestra)
Chamelacium uncinatum	Helichrysum italicum	Teucrium fruticans
Chamaerops humilis	Hesperaloe	Thymus (capitatus, longicaulis, pulegioides, striatus)
Cistus (incanus, monspeilensis, salvifolius)	Hippophae rhamnoides	Ulex europaeus
Cneorum tricoccum	Lagestroemia indica	Vitex agnus-castus
Coleonema pulchrum		

32	Dibenz(a,h)pirene	0.1	10
33	Dibenzo(a,h)pirene	0.1	10
34	Dibenzo(a,h)pirene	0.1	10
35	Dibenzo(a,h)antracene	0.1	10
36	Indenopirene	0.1	5
37	Pirene	5	50
38	Somma dei policiclici aromatici (da 25 a 34)	10	100
	Alifatici clorurati cancerogeni (1)		
39	Clorometano	0.1	5
40	Diclorometano	0.1	5
41	Triclorometano	0.1	5
42	Cloruro di Vinile	0.01	0.1
43	1,2-Dicloroetano	0.2	5
44	1,1-Dicloroetilene	0.1	1
45	Tricloroetilene	1	10
46	Tetracloroetilene (PCE)	0.5	20
	Alifatici clorurati non cancerogeni (1)		
47	1,1-Dicloroetano	0.3	30
48	1,2-Dicloroetilene	0.3	15
49	1,1,1-Tricloroetano	0.5	50
50	1,2-Dicloropropano	0.3	5
51	1,1,2-Tricloroetano	0.5	15
52	1,2,3-Tricloropropano	1	10
53	1,1,2,2-Tetracloroetano	0.5	10
	Alifatici alogenati cancerogeni (1)		
54	Tribromometano (bromoformio)	0.5	10
55	1,2-Dibrometano	0.01	0.1
56	Dibromoclorometano	0.5	10
57	Bromodiclorometano	0.5	10
	Nitrobenzeni		
58	Nitrobenzene	0.5	30
59	1,3-Dinitrobenzene	0.1	25
60	1,4-Dinitrobenzene	0.1	25
61	Cloronitrobenzeni	0.1	10
	Clorobenzeni (1)		
62	Monoclorobenzene	0.5	50
63	Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	1	50
64	Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	0.1	10

## IMPURANTI INORGANICI

19	Boro	1000
20	Cianuri liberi	50
21	Fluoruri	1300
22	Nitriti	500
23	Solfati (mg/l)	250

## COMPOSTI ORGANICI AROMATICI

24	Benzene	1
25	Etilbenzene	50
26	Stirene	25
27	Toluene	15
28	para-Xilene	10

## POLICICLI AROMATICI

29	Benzo (a) antracene	0.1
30	Benzo (a) pirene	0.01
31	Benzo (b) fluorantene	0.1
32	Benzo (k.) fluorantene	0.05
33	Benzo (g, h, i) perilene	0.01
34	Crisene	5
35	Bibenz(a, h) antracene	0.01
36	Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0.1
37	Pirene	50
38	Sommataria (31, 32, 33, 36)	0.1

## ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI

39	Clorometano	1.5
40	Triclorometano	0.15
41	Cloruro di Vinile	0.5
42	1,2-Dicloroetano	3
43	1,1-Dicloroetilene	0.05

97	Resti dell'acido ftalico (oppure)	10	60
----	--------------------------------------	----	----

(1) In Tabella sono selezionate, per ogni categoria chimica, alcune sostanze frequentemente rilevate nei siti contaminati. Per le sostanze non esplicitamente indicate in Tabella i valori di concentrazione limite accettabili sono ricavati adottando quelli indicati per la sostanza tossicologicamente più affine.

(\*) Corrisponde al limite di rilevabilità della tecnica analitica (diffattometria a raggi X oppure I.R. - Trasformata di Fourier)

Tabella 2. Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee

N° ord	SOSTANZE	Valore Limite (µg/l)
--------	----------	----------------------

## METALLI

1	Alluminio	200
2	Antimonio	5
3	Argento	10
4	Arsenico	10
5	Berillio	4
6	Cadmio	5
7	Cobalto	50
8	Cromo totale	50
9	Cromo (VI)	5
10	Ferro	200
11	Mercurio	1
12	Nichel	20
13	Piombo	10
14	Rame	1000
15	Selenio	10
16	Manganese	50
17	Tallio	2
18	Zinco	3000

## ALTRE SOSTANZE

88	FCB	0-31
89	Acetilammide	0-1
90	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	350
91	Acido para - ftalico	37000
92	Amianto (fibre A > 10 nm) (*)	da definire

(\*) Non sono disponibili dati di letteratura tranne il valore di 7 milioni fibre/l comunicato da ISS, ma giudicato da ANPA e dallo stesso ISS troppo elevato. Per la definizione del limite si propone un confronto con ARPA e Regioni.

## ALLEGATI ALLA PARTE QUINTA

## ALLEGATO I

Valori di emissione e prescrizioni

## ALLEGATO II

Grandi impianti di combustione

## ALLEGATO III

Emissioni di composti organici volatili

## ALLEGATO IV

Impianti e attività in deroga

## ALLEGATO V

Polveri e sostanze organiche liquide

## ALLEGATO VI

Criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite di emissione

## ALLEGATO VII

Operazioni di deposito della benzina e sua distribuzione dai terminali agli impianti di distribuzione

## ALLEGATO VIII

Impianti di distribuzione di benzina

## ALLEGATO IX

Impianti termici civili

## ALLEGATO X

Disciplina dei combustibili