

LA PIANTA DI COMPOSTAGGIO DELLA REPUBBLICA DI SAN MARINO  
UN SISTEMA AD ALTA INNOVAZIONE TECNOLOGICA

(G. Ferrari; R. Ferrari; S. Cecchini; D. Felici)

1. Premessa

Salvaguardare le risorse ambientali è un obbligo da ottemperare non tanto per noi, spesso indifferenti a comportamenti che nulla hanno a che vedere con gli equilibri naturali, ma soprattutto per le generazioni future verso le quali abbiamo l'obbligo di lasciare un mondo più vivibile e pulito.

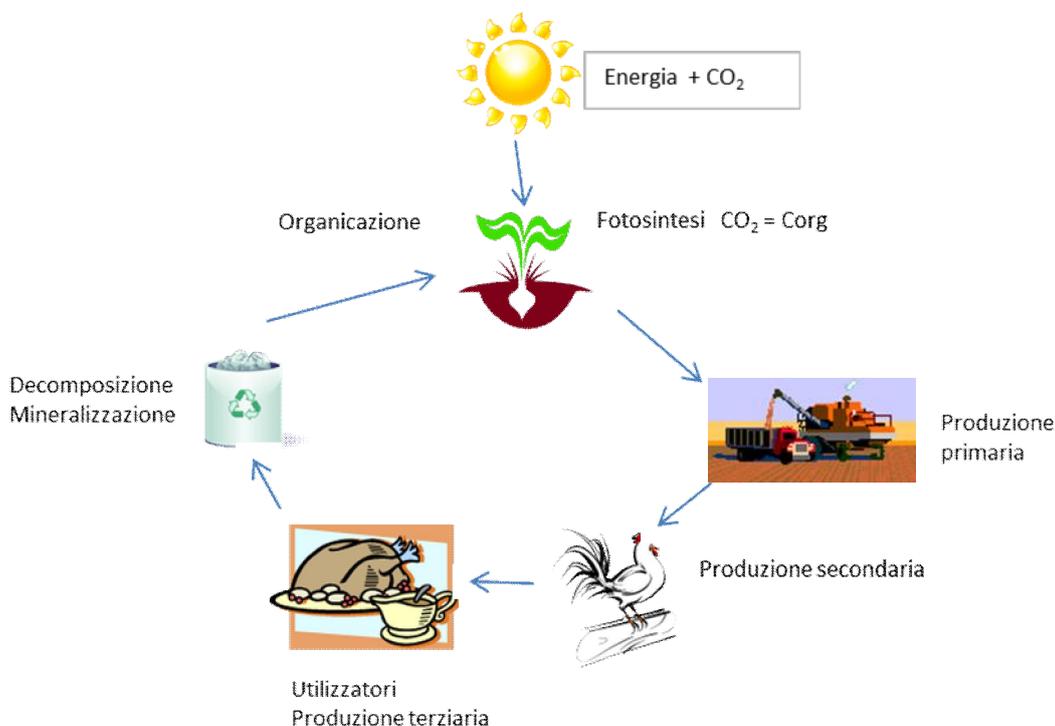
Un bene che ogni giorno la biosfera ci dona è costituito dalla sostanza organica che ci permette di assolvere a tutte quelle funzioni, essendo il serbatoio dove viene immagazzinata l'energia e nel contempo la materia che nei diversi cicli sintetici entrerà a far parte del nostro protoplasma.

Come più volte ripetuto la materia organica biodegradabile non costituisce un bene infinito bensì la sua produzione e regolata da severe leggi scientifiche che ne consentono un continuo turnover nel nostro pianeta.

Da un punto di vista termodinamico il mondo in cui viviamo si può considerare un sistema isolato per quanto riguarda la materia e chiuso riguardo l'energia.

Infatti mentre l'energia primaria attraverso i raggi solari arriva nella terra, la produzione della materia organica assume un carattere ciclico tra attività di sintesi e di decomposizione.

Nella seguente figura viene rappresentato in modo schematico il ciclo della sostanza organica in natura.



**GF ambiente S.r.l.**

Sede di Bologna: Via della Corte,2

40012 Calderara di Reno (BO)

Tel.(051)726291 Fax(051) 726293

[info@gfambiente.it](mailto:info@gfambiente.it) . [www.gfambiente.it](http://www.gfambiente.it)

Uno dei principali effetti negativi degli ultimi decenni sull'ambiente, è quello legato alla produzione dei rifiuti e alla conseguente loro cattiva gestione.

La produzione dei rifiuti, fortemente peggiorata da un punto di vista quantitativo e qualitativo, non ha ancora trovato risposte esaustive finalizzate alla corretta gestione in senso ambientale ed economico.

Ancora assente in molti paesi è il concetto di prevenzione mentre le operazioni di recupero e riciclaggio risultano attività scarse con ovvia perdita di risorse quali la sostanza organica biodegradabile.

Nei rifiuti urbani il contenuto degli scarti di origine animale e vegetale risulta sempre la frazione più cospicua con valori che spesso superano il 30 % non considerando tutti i rifiuti provenienti dalla produzione dei derivati della cellulosa (carta, cartone ecc.).

La seguente tabella illustra la composizione media dei rifiuti urbani presente in tre aree di un territorio di circa 38.000 abitanti, con differenti caratteristiche socioeconomiche nelle quali è presente un diverso grado di raccolta differenziata.

| FRAZIONE            | Zona Agricola | Zona Abitativa Commerciale | Zona industrializzata | Zona residenziale |
|---------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Sottovaglio < mm 20 | 9,5           | 10,9                       | 12,9                  | 9,9               |
| Scarti mensa        | 34,5          | 27,8                       | 18,9                  | 27,9              |
| Scarti da giardino  | 3,2           | 1,9                        | 2,4                   | 5,6               |
| Carta e cartone     | 18,8          | 23,6                       | 20,9                  | 20,5              |
| Materiali plastici  | 9,9           | 13,8                       | 15,9                  | 12,1              |
| Metalli             | 2,8           | 3,2                        | 3,6                   | 3,5               |
| Vetro               | 4,9           | 5,2                        | 5,5                   | 4,9               |
| Pietre e cocci      | 1,3           | 1,2                        | 2,2                   | 2,1               |
| Cuoio e gomme       | 1,8           | 1,9                        | 3,4                   | 1,5               |
| Tessili             | 5,6           | 4,9                        | 8,9                   | 5,6               |
| Pannolini           | 3,2           | 1,5                        | 0,5                   | 2,5               |
| Altri               | 4,5           | 4,1                        | 4,9                   | 3,9               |
| TOTALE              | 100,00        | 100,00                     | 100,00                | 100,00            |

Per recuperare la sostanza organica la via più razionale dal punto di vista ambientale ed economico è quella che prevede il compostaggio.

Mediante tale sistema di trattamento non solo si opera secondo le regole imposte dalla natura ma soprattutto si creano condizioni di razionale gestione dei rifiuti da un punto di vista igienico sanitario.

Il compostaggio della frazione organica contenuta nei rifiuti deve prevedere la realizzazione di un impianto strutturato nell'ambito territoriale di riferimento con precisione e accuratezza.

Per tale ragione bisogna evitare la costruzione di strutture di scarsa modularità in modo da evitare eccessi o difetti della potenzialità reale richiesta.

Gli impianti di grande dimensione, spesso cattedrali nel deserto, negli ultimi anni sono stati sostituiti da strutture modulari che godono del principio di costruzione progressiva adattandosi al graduale incremento della raccolta differenziata con ovvi benefici gestionali e commerciali.

La costruzione di un impianto di compostaggio deve essere fatta in base alle richieste del mercato del trattamento dei rifiuti e nel contempo all'utilizzo del prodotto finito.

Sfruttando tale ipotesi è possibile realizzare sistemi anche per piccole comunità con costi contenuti e di facile gestione.

In tale senso un esempio molto significativo si trova nella Repubblica di San Marino dove da alcuni mesi è entrato in funzione un impianto di compostaggio a moduli (biocelle) con risultati entusiasmanti.

L'impianto, realizzato dalla Società GFambiente di Bologna, partendo da una potenzialità iniziale di circa 500 tonnellate, oggi è in grado di trattare circa 1500 tonnellate/anno di rifiuti organici di natura domestica e/o commerciale.

La raccolta di tale quantità di rifiuti rappresenta una copertura di circa il 60 % dell'intero territorio.

Con gli interventi previsti dalla pianificazione dell'ambiente e del territorio per l'anno 2014 l'aggiunta di nuovi moduli dell'impianto consentirà la gestione complessiva di tutti gli scarti organici generati nella Repubblica di San Marino.

## 2. Descrizione e dell'impianto.

La progettazione dell'impianto, commissionata dall'Azienda Autonoma di Stato, è stata incentrata su due aspetti fondamentali: a) essere in grado di installare progressivamente dei moduli per incrementare la potenzialità del tempo b) avere il minimo impatto ambientale con particolare riguardo al controllo degli odori e garantire la massima compliance della popolazione residente.

Sulla base di tali richieste, i progettisti hanno individuato la soluzione più razionale per evitare i problemi che spesso emergono negli impianti di compostaggio di scarsa potenzialità e di emissione di odori molesti.

Inoltre al fine di raggiungere un miglioramento sui costi della gestione dei rifiuti (precedentemente destinati alla discarica) un fattore indispensabile è il miglioramento sugli oneri di smaltimento.

L'impianto in oggetto consta di tre distinte sezioni:

- a) Sezione di preparazione del substrato
- b) Sezione di bioossidazione
- c) Sezione di raffinazione e invio all'utilizzo del prodotto.

### 2.1 Sezione di preparazione del substrato

Il processo di compostaggio della frazione organica dei rifiuti per avvenire in modo corretto deve prevedere la formazione di un substrato che possieda una granulometria omogenea e di idonee dimensioni, un contenuto in carbonio ed in azoto tale da assicurare un giusto rapporto C/N, e un'adeguata umidità.

Per tale ragione generalmente gli scarti di mensa ricchi in azoto e molto umidi devono essere miscelati con rifiuti a bassa umidità e ad alto contenuto di carbonio. Questi ultimi spesso provenienti dalla gestione del verde pubblico e privato.

L'impianto di San Marino dispone di un biotrituratore mescolatore di media potenzialità con conseguente prelievo del materiale per il carico delle biocelle mediante piccola pala gommata.

Il substrato prodotto nella sezione di preparazione presenta le caratteristiche indicate nella seguente tabella:

| Tipologia Scarti      | % C          | % N         | % H <sub>2</sub> O | C/N         | % S.S.      | %            | C    | N    |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|------|------|
| Scarti mensa e cucina | 42,8         | 4,5         | 82,0               | 9,5         | 18,0        | 65,0         | 7,7  | 0,81 |
| Scarti da giardino    | 52,0         | 1,2         | 38,5               | 43,3        | 61,5        | 15,0         | 32,0 | 0,74 |
| Legno non trattato    | 58,5         | 0,1         | 5,8                | 585,0       | 94,2        | 10,0         | 55,1 | 0,09 |
| Potature              | 55,0         | 0,2         | 10,5               | 366,7       | 89,5        | 10,0         | 49,2 | 0,13 |
| <b>SUBSTRATO</b>      | <b>20,24</b> | <b>0,66</b> | <b>60,705</b>      | <b>30,7</b> | <b>39,3</b> | <b>100,0</b> |      |      |

Tabella formazione substrato

## 2.2 Sezione di Biossidazione

Il cuore dell'impianto è rappresentato dalla cosiddetta biocella nella quale avviene il processo di compostaggio.

Il compostaggio è un processo aerobico durante il quale le molecole organiche, in presenza di ossigeno, vengono degradate trasformandosi in parte in sostanze minerali ed in parte in materiali di riserva (costituiti in prevalenza da humus) indispensabili per la fertilità del terreno.

Per ottenere un processo equilibrato sono necessari alcuni accorgimenti mirati, tra i quali il più importante è la fornitura di ossigeno, capace di assicurare la respirazione da parte dei microrganismi decompositori, che trasformano il substrato in un compost utilizzabile in agricoltura senza alcun problema di carattere ambientale ed igienico sanitario.

La biocella costituisce un modulo all'interno del quale viene immesso il rifiuto; essa ha un sistema di areazione per consentire la omogenea distribuzione dell'ossigeno nella massa dei rifiuti (substrato) ed evitare in questo modo fenomeni di anaerobiosi, i quali sarebbero molto dannosi sia da un punto di vista ambientale che qualitativo.

La particolarità costruttiva del sistema di distribuzione dell'aria rappresenta la principale innovazione tecnologica dell'impianto.

L'aria prelevata dall'ambiente esterno mediante un ventilatore centrifugo mono assiale collegato ad una serie di tubazioni, è distribuita all'interno della biocella attraverso un pavimento appositamente forato.

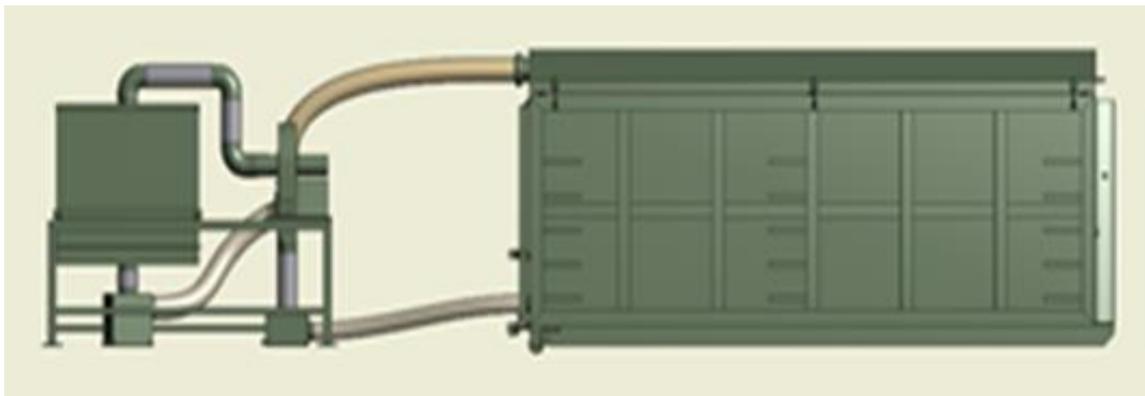
Il fluido è continuamente ricircolato tramite una valvola, passando per un biofiltro.

La valvola permette di distribuire l'aria dall'alto verso il basso o dal basso verso l'alto.

In questo modo la regolazione del sistema, consentirà di evitare eventuali percorsi preferenziali che possono verificarsi distribuendo l'aria in un unico senso.

Per assicurare la giusta percentuale di ossigeno una saracinesca posta nella tubazione di uscita dal biofiltro consente di arricchire l'aria di ossigeno in modo da permettere il processo di ossidazione richiesto nel compostaggio.

La seguente figura schematizza la struttura di una singola biocella.



*Profilo Biocella con sistema ventilazione*

La funzione del biofiltro e la particolare distribuzione dell'aria permettono di evitare completamente la presenza di cattivi odori nell'ambiente circostante, che spesso sono causa di scarsa accettabilità da parte della popolazione di questa tipologia di impianti.

La gestione dell'impianto, in funzione con cinque moduli da circa un anno, finora non ha mai dato problemi di cattivi odori eccetto in un caso dovuto però alla non corretta gestione del percolato ora smaltito mediante idonea fognatura.

Il percolato che viene prodotto durante la fase ossidativa è inviato in un pozzetto di raccolta da dove, sulla base delle misure di umidità previste nella biocella, è ricircolato nella stessa essendo anche ricco di nutrienti utili per il compostaggio.

### 2.3 Monitoraggio del processo

Tutte le fasi del processo sono controllate misurando appositi parametri quali temperatura, ossigeno ed umidità, all'interno della biocella. I dati sono verificati via radiofrequenza con un pc collocato a distanza negli uffici dell'azienda.

Un software dedicato consente di registrare in continuo i dati rilevati e di segnalare mediante avvisatori acustici eventuali anomalie che dovessero presentarsi all'interno della biocella.

Il sistema permette di intervenire in modo automatizzato o manuale, per ripristinare le condizioni di normalità del processo.

Le seguente tabella illustra i valori dei parametri necessari per il corretto andamento del processo ed il range fuori dal quale viene segnalata l'anomalia con conseguente intervento automatizzato o manuale di ripristino.

|                   | Parametro                     | Periodo | Periodo | Periodo | Periodo | Periodo | Periodo |                   |
|-------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
|                   | Ore processo                  | 48      | 96      | 192     | 288     | 480     | 672     | ore               |
|                   | Giorni processo               | 2       | 4       | 8       | 12      | 20      | 28      | giorni            |
| Valori<br>Normali | Temperatura                   | 62      | 65      | 62      | 63      | 58      | 54      | °C                |
|                   | Concentrazione O <sub>2</sub> | 14,9    | 12,8    | 13,8    | 13,7    | 16,8    | 18,9    | [O <sub>2</sub> ] |
|                   | Velocità media fluido         | 7 - 8   | 7 - 8   | 7 - 8   | 7 - 8   | 7 - 8   | 7 - 8   | m/s               |
|                   | Umidità                       | 62      | 63      | 60      | 59      | 46      | 39      | %                 |
| Valori<br>Anomali | Temperatura                   | 55 - 75 | 55 - 75 | 53 - 72 | 50 - 65 | 42 - 58 | 25 - 42 | °C                |
|                   | Concentrazione O <sub>2</sub> | 11 - 20 | 11 - 20 | 13 - 20 | 14 - 20 | 16 - 20 | < 15    | [O <sub>2</sub> ] |
|                   | Velocità media fluido         | 4 - 12  | 4 - 12  | 4 - 12  | 4 - 12  | 4 - 12  | 4 - 12  | m/s               |
|                   | Umidità                       | 50 - 75 | 50 - 75 | 45 - 70 | 40 - 65 | 40 - 60 | 35 - 45 | %                 |

### 2.4 Stabilizzazione finale e raffinazione

Terminato il processo all'interno della biocella, il materiale estratto viene analizzato per verificare lo stato di maturazione; tra i parametri ricercati si dà particolare interesse al valore dell'indice di respirazione Dinamico.

Verificata la qualità del compost grezzo, si passa alla fase di vagliatura per la conseguente raffinazione.

Per tale operazione è impiegato un vaglio circolare a maglie con fori da 10 mm e 20 mm sulla base delle richieste del mercato locale.

## 3. Verifiche di qualità

Durante la fase di avviamento dell'impianto sono stati eseguiti una serie di accertamenti per verificare il corretto funzionamento dei dispositivi utilizzati e la qualità del prodotto finito.

Un parametro molto importante utilizzato per verificare l'avvenuta stabilizzazione del compost è l'indice di respirazione dinamico.

Tale misura consente di controllare in modo diretto il grado di attività metabolica dei microorganismi e il conseguente stato di mineralizzazione del materiale durante il compostaggio.

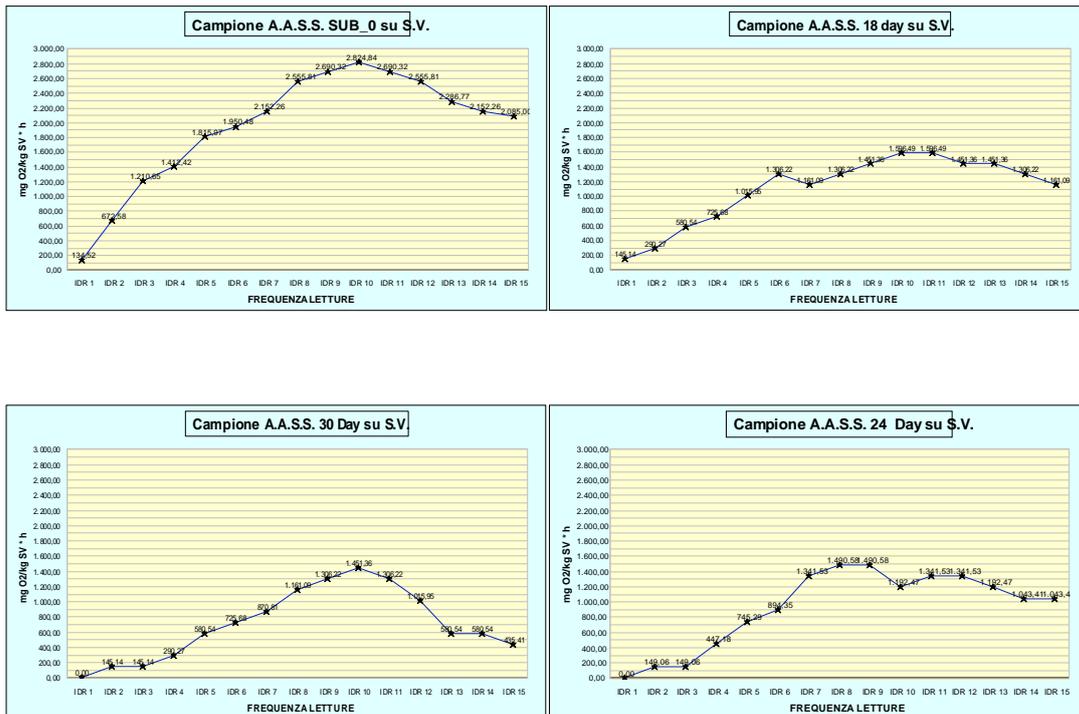
Ribadendo che il compostaggio è un processo prettamente aerobico, la trasformazione della sostanza organica in compost richiede un apporto di ossigeno che tende a diminuire con il progredire della maturazione.

Convogliando un flusso d'aria all'interno di un campione prelevato in diversi periodi del processo di compostaggio potremo avere una misura diretta dell'attività metabolica dei microrganismi e nel contempo l'indicazione dello stato di maturità del compost.

Ricerche nel settore hanno identificato che un valore non superiore a 1000  $\text{mg O}_2/\text{kg sv}$  può considerarsi tale da rendere sicuro e manipolabile il prodotto senza che questo causi danni all'ambiente e sia valido per l'utilizzo in agricoltura.

Per tale ragione una delle misure condotte durante l'avviamento dell'impianto durante i primi cicli di produzione è stata proprio la determinazione dell'IDR.

I seguenti grafici illustrano i valori medi riscontrati sui prelievi eseguiti a diversi periodi di maturazione durante il processo di compostaggio e nel materiale a fine processo.



Valore dell'indice di respirazione dinamica a differenti periodi di maturazione

Sul substrato in fase di maturazione e sul prodotto finito sono state eseguite le analisi per accertare l'evoluzione del processo e la qualità agronomica del prodotto, onde garantire il suo uso da un punto di vista igienico sanitario ed ambientale.

I risultati ottenuti da laboratorio chimico altamente qualificato sono illustrati nella seguente tabella.

| Parametro             | U.M.         | 7 Giorni  | 14 Giorni | 21 Giorni | fine processo |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| pH                    | unità pH     | 8,12      | 8,18      | 8,10      | 7,80          |
| Umidità               | % in peso    | 52,30     | 49,80     | 39,80     | 31,80         |
| Ceneri                | % in peso    | 16,90     | 18,50     | 19,30     | 20,50         |
| IRD                   | mgO2/kg SV*h | 1.845,00  | 1.690,00  | 1.286,00  | 895,00        |
| Acidi umici e fulvici | mg/kg        | 68,90     | 83,90     | 90,50     | 99,68         |
| TOC                   | % in peso    | 33,90     | 33,30     | 35,70     | 29,30         |
| C/N                   | i            | 31,13     | 28,77     | 24,54     | 23,90         |
| Anidride Fosforica    | mg/kg        | 17.003,40 | 20.181,80 | 65.692,50 | 115.347,30    |
| Anidride solforosa    | mg/kg        | 76,00     | 38,00     | 30,00     | 23,00         |
| Azoto Ammoniacale     | mg/kg        | 1.047,00  | 256,80    | 123,20    | 85,40         |
| Azoto Nitrico         | % in peso    | 0,02      | 0,08      | 0,07      | 0,08          |
| Azoto Organico        | % in peso    | 1,58      | 1,55      | 1,61      | 1,55          |
| Azoto Totale          | % in peso    | 1,60      | 1,63      | 1,68      | 1,63          |
| Carbonio Totale       | % in peso    | 49,80     | 46,90     | 41,10     | 38,96         |
| Cadmio                | mg/kg        | 0,50      | 0,50      | 0,50      | 0,60          |
| Cromo 6+              | mg/kg        | < 0,5     | < 0,5     | < 0,5     | < 0,5         |
| Mercurio              | mg/kg        | 0,30      | 0,20      | 0,20      | 0,30          |
| Nichel                | mg/kg        | 8,80      | 7,00      | 4,70      | 8,20          |
| Piombo                | mg/kg        | 5,80      | 5,70      | 8,50      | 33,70         |
| Rame                  | mg/kg        | 24,50     | 22,50     | 17,10     | 26,60         |
| Zinco                 | mg/kg        | 66,00     | 76,80     | 75,70     | 115,40        |
| Escherichia Coli      | u.f.c./50 g  | 2.500,00  | 450,00    | < 3       | < 3           |
| Salmonelle Spp        | u.f.c./50 g  | assente   | assente   | Assente   | Assente       |

#### 4. Impatto sugli odori

Uno degli aspetti più importanti sui quali è basata la progettazione dell'impianto è quello relativo al controllo degli odori, causa sovente di critiche e contestazioni da parte della popolazione.

Obiettivo primario della realizzazione, imposto dalle autorità competente, è stata la produzione di un fertilizzante di altissima qualità ambientale con il minimo impatto dell'impianto sull'ambiente circostante.

Lo studio della regimentazione dell'aria e la realizzazione di un'unità filtrante di tipo biologico ha reso l'impianto scevro da qualsiasi inconveniente dovuto all'emissione di esalazioni fastidiose.

Per raggiungere i massimi rendimenti è stata applicata una particolare valvola a due vie che consente il ricircolo del fluido tra il corpo della biocella e l'unità filtrante.

L'applicazione di una serranda nella tubazione in testa al biofiltro consente inoltre di arricchire di ossigeno l'aria esausta proveniente dalla biocella nella quantità richiesta per le attività metaboliche dei microorganismi durante la varie fasi del processo.

A verifica del sistema di biofiltrazione durante un intero periodo di prova è stato eseguito l'assaggio olfatto-metrico con il metodo del panel, il quale ha fornito risultati molto interessanti soprattutto in merito al consenso da parte della popolazione di questa tipologia di impianti.

#### 5. Aspetti Economici

La realizzazione di un modulo composto da 10 biocelle e l'affidamento a terzi riguardo il sistema di preparazione del substrato e raffinazione del compost finito ha permesso di ottenere una discreta diminuzione dei costi sostenuti dall'azienda per lo smaltimento dei rifiuti.

La seguente tabella mostra in modo sintetico l'analisi dei costi e determina la quota onnicomprensiva per tonnellata di rifiuto trattato comparandola al costo attualmente dovuto dall'azienda.

| <b>Analisi dei costi su base annuale</b> |                       |           |                       |
|--|-----------------------|-----------|-----------------------|
| <b>Voce di Costo</b>                     | <b>Costo unitario</b> | <b>n.</b> | <b>Costo totale Ö</b> |
| Biocella onnicomprensiva                 | 25.000,00             | 10        | 250.000,00            |
| Triturazione/miscelazione                | 80.000,00             | 1         | 80.000,00             |
| Caricamento biocella                     | 20.000,00             | 1         | 20.000,00             |
| Svuotamento biocella                     | 30.000,00             | 1         | 30.000,00             |
| Raffinazione                             | 80.000,00             | 1         | 80.000,00             |
| Opere idrauliche/edili                   | 90.000,00             | 1         | 90.000,00             |
| Approntamenti elettrici                  | 50.000,00             | 1         | 50.000,00             |
| <b>TOTALE OPERE</b>                      |                       |           | <b>600.000,00</b>     |
| <b>Costi di Gestione</b>                 | <b>Costo totale</b>   |           | <b>Costo totale Ö</b> |
| Utilities                                | 85.000,00             | 1         | 85.000,00             |
| Personale                                | 38.000,00             | 1         | 38.000,00             |
| Ammortamenti impianto                    | 97.500,00             | 1         | 97.500,00             |
| Consulenze/laboratorio                   | 23.000,00             | 1         | 23.000,00             |
| Manutenzione ordinaria                   | 12.000,00             | 1         | 12.000,00             |
| Manutenzione straordinaria               | 6.000,00              | 1         | 6.000,00              |
| Assicurazioni                            | 3.000,00              | 1         | 3.000,00              |
| Imprevisti                               | 3.000,00              | 1         | 3.000,00              |
| <b>TOALE Costo gestione</b>              |                       |           | <b>Ö 267.500,00</b>   |
| <b>Ricavi</b>                            |                       | t/anno    |                       |
| Vendita compost                          | 10                    | 1152      | 11520                 |
| <b>Bilancio finale</b>                   |                       |           | <b>Ö 255.980,00</b>   |
| <b>Quantità rifiuto trattato t/y</b>     | <b>1.950,00</b>       |           |                       |
| <b>Costo unitario per Öt</b>             | <b>131,27</b>         |           |                       |
| <b>Costo attuale smaltimento Ö/t</b>     | <b>168,00</b>         |           |                       |
| <b>Risparmio euro t</b>                  | <b>36,73</b>          |           |                       |
| <b>Risparmio annuale Ö/y</b>             | <b>71.620,00</b>      |           |                       |

## 6. Conclusioni

Nelle diverse fasi di gestione dei rifiuti le attività di recupero sono di gran lunga le più importanti per la salvaguardia delle risorse e il mantenimento dei costi su base economica sostenibile. Il trattamento dei rifiuti deve essere programmato secondo principi che tendono a valorizzare al massimo tutte le operazioni che permettono il riciclaggio delle frazioni potenzialmente riutilizzabili.

La raccolta differenziata si pone come primo obiettivo per ogni comunità che pur cercando di prevenire la produzione degli scarti non arriverà mai alla logica di zero rifiuti. Tale attività consente da una parte di ottenere beni di immediato conferimento nel mercato e dall'altra di avere materiali che mediante il trattamento in impianti specifici possono essere reinseriti nei cicli produttivi con vantaggio economico ed ambientale.

La raccolta differenziata della frazione organica biodegradabile e nel contempo la realizzazione di un impianto innovativo per trattamento finalizzato alla produzione di compost di qualità ha permesso una gestione razionale di una buona quantità dei rifiuti nel territorio della Repubblica di San Marino; Stato con una popolazione non superiore a 40 mila abitanti.

Il presente lavoro ha descritto secondo una rigida metodologia tecnico scientifica l'impianto attualmente in funzione evidenziando anche gli aspetti economici, i quali sono un fattore indispensabile per operare scelte certe e trasparenti in rispetto a tutta la collettività.

**Bibliography**

- [1] Ferrari G., Sammito R., (1999): *La valutazione delle caratteristiche dei rifiuti per la corretta progettazione e gestione di un termocombustore*, Atti del Convegno "Utilizzazione Termica dei rifiuti", Abano Terme (PD).
- [2] APAT e ONR (Novembre 2007), *Rapporto Rifiuti 2007*, Roma
- [3] Corbitt R.A. (1990): *Standard Handbook of Environmental Engineering*. Ed. Mc. Graw-Hill New York.
- [4] Ferrari G. (1996): I rifiuti città per città. *Gea* . IX 4 1996 p. 11. Ed. Maggioli Rimini
- [5] Weitz K. Ranjithan R., Nishtala S., Barlaz M. (1997): *Using life-cycle management to evaluate integrated municipal solid waste management strategies*. Proc. Of the international Congress r 97. Recovery Recycling , Reintegration. Geneva, Switzerland February 1997 p.41
- [6] Ferrari G., Sammito R., Gregorio P. (2002): *La valutazione delle caratteristiche dei rifiuti per una gestione dei rifiuti ambientalmente compatibile*. Atti del Convegno SITI (FE)
- [7] W. J. Mitsch S. E. Jorgensen: *Ecological Engineering An Introduction to Ecotechnology*: Ed J. Wiley and Sons New York 1998
- [8] A.N.P.A.: Rapporto preliminare sulla raccolta differenziata e sui recupero dei rifiuti da imballaggio, Roma Febbraio 2000.
- [9] A.N.P.A. (A.P.A.T.) Il Sistema Anpa di Contabilità dei Rifiuti Prime Elaborazioni dei Dati Roma Giugno 1998,
- [10] Federambiente, Ecosportello, A.N.P.A. Primo Studio sui Sistemi Integrati di Rilevazione e Quantificazione dei Rifiuti Urbani. Roma 2001.
- [11] A.N.P.A. (A.P.A.T.), O.N.R.: Rapporto sui rifiuti 2007 , Roma Giugno 2006
- [12] Delogu B., Dubini M., Giuiuzza P.: *Gestire l'Ambiente* (1995) Ed. Pirola Milano
- [13] Andretta A. Malagoli M.: *Fare i Conti con l'Ambiente guida alla contabilità ambientale per l'impresa* (2001) Ed. IPSOA Milano.
- [14] De Bertoldi M., Vallini G. Pera A.; Zucconi F. *Biocycle* 23,45 (1982)
- [15] Dunlap C.E. Chiang L.C. Cellulose degradation: A common link, in *Utilization and recycle of agricultural wastes en residues* (M.L. Shuller ed.) CRC press Inc Boca Raton, Florida USA (1980)
- [16] Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998. Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22. Supplemento ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 Aprile 1998. Ed. Poligrafico dello Stato (Roma).

- [17] Ferrari G. Il recupero della sostanza organica dai rifiuti solidi urbani: aspetti economici ed ambientali. Atti del convegno Il compost è risorsa multiuso: metodi condizioni e prospettive Bologna SAI-SITEL (1985).
- [18] Ferrari G. Oxygen, Water and temperature in the decomposition process of an organic substance during composting. *Compost Production, quality and use* Ed Elsevier Applied Science N. Y. (1986)
- [19] Ferrari G. il Sistema integrato analisi rifiuti (S.I.A.R.) un metodo operativo per la elaborazione del regolamento comunale di smaltimento dei r.u. e la revisione della tassa a norma del Decreto Legislativo 507/93. Rifiuti Urbani ed Industriali. Ed. GSISR 1994 (Milano)
- [20] Ferrari G: Merceologia e chimica dei rifiuti solidi urbani. *Protecta*. Ed. Sedefim Ottobre-Novembre 1995 (Roma)
- [21] Ferrari G. : I rifiuti Città per Città. *Gea* n. IX 4 Ed Maggioli 1996 ( Rimini)
- [22] Ferrari G. Sammito R. La valutazione delle caratteristiche dei rifiuti per la corretta progettazione e gestione di un termocombustore. Atti del convegno utilizzazione Termica dei Rifiuti, Abano Terme 1999 (Padova).
- [23] Finstain M.S. Cirello J. Mac Gregor S.T., Miller F.C: *Engineering Principles of sludge composting* Water pollution Control Federation (1980).
- [24] Nelson E.B. Hoiting A.I: Effects of fungal antagonist and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. *Phitopathology* 73 (1983)
- [25] Biggeri U. Lubello C. Corti A. Innovative Waste Management Methods towards Sustainable Development , by means of Re-utilization and Citizens direct involvement. *Proceedings Sardinia 2001 VIII International Waste management and Landfill Symposium*. Cagliari Ed. CISA 2001.
- [26] Assessorato Ambiente Regione Piemonte il Compostaggio, Processo, Tecniche e Applicazione. *Collana Ambiente* n. 25 Torino 2002.
- [27] Pinamonti F. Esperienze di Utilizzo del Compost . *Produzione ed Impiego del Compost di qualità . Terzo Corso nazionale di Base del Consorzio Nazionale Compostatori*. San Michele All'Adige 1998.
- [28] Ferrari G. Lo Cicero G. Colimberti F. *Rendere Efficace il servizio a Palermo è Possibile*. *Gea Gestione ed economia dell' Ambiente*. Gennaio-Febbraio 1997. Ed. Maggioli
- [29] Ferrari G. R. Sammito, G. Perrone. A. Silvestri: *Caratterizzazione dei rifiuti generati a Roma e raccolti da AMA Spa*. *Rw recycling* anno 11 ó n. 4 Luglio 2007 e n. 5 Agosto 2007. Edizioni PEI (Parma)
- [30] CIC Consorzio Italiano Compostatori: *Compost di qualità annuario 2006 e 2007*: Edizioni il verde Editoriale Milano
- [31] Centemero M: *La Produzione di Ammendante Compostato in Italia Compendio Tecnico 2007* Edizioni CIC (Roma).

