

EMISSIONI DI BIOESSICCATORI E TERMOVALORIZZATORI A CONFRONTO

Federico Valerio

Premessa

Le strategie per la gestione dei Materiali Post Consumo (MPC) sono oggetto di ampie e rapide trasformazioni e l'Italia dovrà, inevitabilmente, confrontarsi con queste trasformazioni.

Scelte che privilegiano la riduzione, il riciclaggio, il compostaggio dei MPC continuano ad essere prioritarie in tutti i paesi avanzati, dagli Stati Uniti, al Canada, dal Giappone alla Cina.

E' indubbio che queste scelte, nonostante alti e bassi della politica locale, sono scelte irreversibili.

In questo quadro, l'Italia rappresenta certamente un'anomalia, in quanto, pur facendo parte della schiera degli otto paesi più sviluppati è quello che realizza le più basse quote di riciclaggio e di fatto non adotta nessuna politica per la riduzione a monte dei MPC.

Pertanto i Piani nazionali per la gestione dei Materiali Post Consumo, nonostante resistenza culturali e lobbystiche, non possono ignorare che anche il nostro Paese nei prossimi anni sarà costretto a modificare il proprio atteggiamento mentale ed operativo per mantenere il passo che il resto d'Europa ci imporrà, anche per la gestione dei materiali post consumo.

A nostro avviso, nessun Piano per la Gestione dei MPC, i cui effetti si protrarranno per almeno venti anni da oggi, può ignorare le conseguenze dell'introduzione, anche nel nostro paese, di normative quali il vuoto a rendere, il riuso, l'uso obbligatorio di quote minime di MPC nei prodotti di largo consumo, incentivi economici per il riuso delle materie plastiche, l'applicazione obbligatoria della tariffa.

In questo quadro i Piani, inevitabilmente, non solo devono rispettare le priorità della UE, ma devono anche essere intrinsecamente flessibili, in grado di adattarsi a drastici e rapidi mutamenti della quantità e della qualità di MPC, nonché alla diffusione di nuove tecnologie per il loro trattamento, meno costose ed intrinsecamente a minor impatto ambientale.

Una di queste tecnologie è proprio la bioessiccazione, oggetto di valutazione di questa Commissione ed è una facile profezia prevedere che nei prossimi anni, tutte le diverse filiere legate all'applicazione di tecniche meccanico biologiche (TMB) avranno un forte sviluppo.

Segue timbro della

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
DIPARTIMENTO AMBIENTE
Ufficio Programmazione interventi ambientali

2 luglio 2003

Prot. N° 1006/2003 – U164/UPIA

L'originale della presente relazione è composto di 25 pagine.

Bio essiccazione o Bio ossidazione?

La relativa novità delle tecniche di trattamento dei MPC con metodi biologici, crea problemi per una corretta identificazione del tipo di impianto e di processo che deve essere oggetto di valutazione.

Infatti, la denominazione di Trattamenti Meccanico Biologici, usata in questi casi, comprende diverse procedure che altri membri di questa Commissione eventualmente chiariranno. Per il nostro compito (la valutazione dell'entità delle emissioni), l'esistenza di queste diverse tecniche e la carenza di dati di letteratura a riguardo, ha creato qualche difficoltà, in quanto i valori di emissioni trovati o stimati si riferiscono ad impianti e procedure TMB intrinsecamente diverse tra loro.

Tuttavia, una comune caratteristica di tutti questi impianti è quella di modulare l'ossidazione biologica della frazione di MPC bio degradabile, secondo lo scopo principale che ci si prefigge: stabilizzazione della frazione organica per la messa a discarica, massima riduzione della bio massa bio degradabile e massimo recupero dei materiali riciclabili, successivo recupero energetico tramite combustione o pirolisi o trattamenti anaerobiotici.

Ovviamente i bilanci ambientali di ognuna di queste filiere sono diversi, ma proprio questo sottolinea un intrinseco vantaggio dell'approccio biologico al problema: l'estrema versatilità. Pertanto, riteniamo corretto, nell'interesse dell'amministrazione che dovrà decidere, di non limitare l'analisi alla bio essiccazione in senso stretto, ma di esaminare, per quanto possibile, i vantaggi e i limiti della bio ossidazione in generale, nelle sue diverse modulazioni.

Le priorità nel Piano per la gestione dei MPC di Trento

Il Piano della Provincia di Trento per la gestione dei MPC, come qualunque altro Piano impostato su criteri attinenti ad un reale modello di sviluppo sostenibile, dovrebbe porsi i seguenti obiettivi:

- Massima riduzione delle emissioni di gas-serra
- Massima riduzione dei consumi energetici
- Massima riduzione delle emissioni di sostanze tossiche
- Minimo consumo di materie prime non rinnovabili
- Minimo uso del territorio
- Massima vita utile delle discariche per inerti o per MPC stabilizzati
- Massima riduzione dei costi complessivi, conteggiando in questi ultimi i costi ambientali e sanitari prodotti da eventuali emissioni inquinanti .

Questi obiettivi sono ottenibili rispettando le priorità previste dalla UE, in particolare spingendo al massimo il riciclaggio delle frazioni separate con la raccolta differenziata.

Tutte le analisi serie rintracciabili in letteratura confermano questo dato: **il sistema di trattamento dei MPC che, in un ottica globale e con bilanci LCA (Lyfe Cycle Analyses), comporta il maggiore risparmio energetico, la minore emissione di gas serra e la minore emissione di inquinanti è il riciclaggio.**

A fronte di questo dato di fatto, ogni Piano per la Gestione dei MPC dovrebbe porsi **l'obiettivo minimo di riciclare il 50%.**

Questa scelta è anche motivata dal fatto che le stesse stime nazionali sui costi pro capite per la raccolta e il trattamento dei MPC, dimostrano, anche per il riciclaggio, l'importanza dell'economia di scala.

Infatti, in base ai dati desunti da un campione di 250 Comuni Italiani che hanno già introdotto la Tariffa si è potuto verificare che esiste una correlazione lineare negativa, statisticamente significativa, tra costo pro capite per la gestione dei MPC prodotti e la percentuale di raccolta differenziata ottenuta negli stessi comuni.

In sintesi, più la raccolta privilegia la differenziazione, minore è il costo della gestione complessiva dei MPC.

Ovviamente, il primo punto fondamentale di ogni Piano dovrebbe essere quello di attuare strategie locali e nazionali di riduzione alla fonte della produzione di MPC.

A questo riguardo il Piano di Trento appare tiepido e prima di rinunciare ad azioni più incisive e rapide per ridurre i MPC alla fonte, sarebbe utile un'analisi sui motivi dell'incremento della produzione pro-capite dei MPC, prima di decidere che questo andamento è destinato inevitabilmente a continuare immutato nel tempo.

Citiamo solo, come esempio, l'effetto sull'incremento della produzione di MPC della pratica degli inserti nei quotidiani, spesso inutili per il lettore, ma funzionale ai quotidiani per aumentare la quota di pubblicità.

Analoga considerazione per il proliferare di indesiderata pubblicità a domicilio.

Potrebbe essere decisamente lungo l'elenco di prodotti usa e getta tutt'altro che indispensabili, di imballaggi di terzo livello utili solo per far acquistare più prodotti e per trasformare i clienti in involontari (e gratuiti) «testimonial» ambulanti di loghi più o meno famosi.

Con l'introduzione di un regime tariffario come quello di Treviso che fa pagare la raccolta e lo smaltimento dei MPC indifferenziati 0.67 euro al chilo, tutti questi ed altri MPC sono destinati a sparire rapidamente e a far cambiare abitudini anche ai più ostinati consumatori.

Il crollo della produzione pro-capite di MPC, avvenuta in solo due anni nel bacino di Treviso 2, e la corrispondente impennata della raccolta differenziata balzata ad oltre il 60%, a causa dell'effetto combinato dell'introduzione della Tariffa puntuale e della raccolta domiciliare con cassonetti «personalizzati», dovrebbe far riflettere l'amministrazione Trentina sui rischi connessi con scelte che privilegiano sistemi di trattamento finale intrinsecamente rigidi e fortemente dipendenti dall'economia di scala.

Se si valuta che il compostaggio domestico, nel giro di pochi mesi e a costi nulli, può ridurre almeno del 20% la produzione pro-capite di MPC e che questa pratica si può realizzare anche in ambito urbano su un terrazzo o un poggiolo, pensiamo che per la Provincia di Trento anche obiettivi di riduzione della produzione pro-capite del 10-15%, nel giro di due-tre anni, non siano scelte improponibili.

Sulle politiche di riduzione alla fonte dei MPC, riportiamo i risultati ottenuti negli Stati Uniti, in otto anni di attività di prevenzione della produzione di MPC, attuata attraverso:

- progettazione dei prodotti e degli imballaggi per ridurre la quantità o la tossicità dei materiali usati o per renderne più facile il riuso
- riuso dei prodotti esistenti, per esempio con il vuoto a rendere
- allungamento della vita media di prodotti di grande consumo, ad esempio i pneumatici
- trattamento di scarti organici, quali avanzi di cucina e sfalci d' erba con il compostaggio sul luogo di produzione o con metodi alternativi quali lasciare liberamente decomporre gli sfalci sugli stessi prati tosati.

Con queste pratiche, la riduzione alla fonte dei MPC negli USA, in milioni di tonnellate/anno, a partire dal 1992, è quella riportata in Tabella

Anno	Milioni di tonnellate di MPC non prodotti in USA
1992	0.6
1994	8.0
1995	21.4
1996	31.0
1997	31.8
1998	37.3
1999	42.8
2000	55.1

Nell'anno 2000, gli USA hanno prodotto 232 milioni di tonnellate di MPC. Senza nessuna politica di riduzione alla fonte, la produzione di MPC sarebbe stata di 287 milioni di tonnellate.

Pertanto gli USA, nel 2000, grazie all'adozione di numerose iniziative di disincentivazione, sono riusciti a ridurre del 19% la loro produzione annua di MPC.

IMPATTO AMBIENTALE DEGLI IMPIANTI DI BIOESSICCAZIONE

Ricerche bibliografiche condotte su diverse banche dati, in particolare PubMed, non hanno fornito informazioni sull'impatto ambientale della bio essiccazione.

Probabilmente, questo è dovuto alla relativa novità di questa tecnologia. Tuttavia, la bio-essiccazione presenta molte somiglianze con il compostaggio.

Pertanto, abbiamo deciso di analizzare questa tecnologia, su cui abbiamo ottenuto numerose informazioni in base ad articoli pubblicati su riviste scientifiche.

Ovviamente, nelle nostre valutazioni conclusive terremo conto delle specificità degli impianti di bio-essiccazione attualmente in funzione.

Dall'esame della letteratura emerge che anche sull'impatto ambientale e sanitario del compostaggio le informazioni disponibili sono limitate. Tuttavia, la scelta di numerosi paesi industrializzati ed in via di sviluppo di puntare su questa tecnica per risolvere il problema della gestione dei (MPC) incentiva l'effettuazione di studi sui possibili rischi sanitari dei lavoratori e su possibili contaminazioni ambientali indotte da questa pratica.

Il principale problema del compostaggio, in particolare nell'ambiente di lavoro, sembra essere quello di una esposizione ad elevate cariche batteriche o fungine e a composti organici volatili (COV), in parte di origine microbica (MVOC), spesso causa di disturbi e fastidi, anche per il loro cattivo odore.

Emissioni di polveri, di ammoniaca e di ossido di carbonio, sono anche menzionati come problemi ambientali derivanti da impianti di compostaggio.

Un altro filone di ricerca sull'impatto ambientale del compostaggio è quello connesso con la presenza di sostanze tossiche nel materiale trattato e nel compost, in particolare per l'uso agricolo di quest'ultimo.

Molte di queste problematiche, in particolare l'esposizione a micro-organismi, sono simili a quelle che si riscontrano nella fase di raccolta, trasporto e stoccaggio dei MPC, durante la loro selezione manuale o in altre attività che comportano l'esposizione a materiale di origine biologica (depurazione acque, aziende alimentari, coltivazione funghi).

Pertanto, occorre subito chiarire che nel compostaggio molti dei problemi evidenziati sono associati a gestioni non corrette, anche per mancanza o carenza di norme e controlli, e sono dovuti, nella maggior parte dei casi, ad impianti a cielo aperto (cumuli) non areati e ad una insufficiente selezione del materiale da compostare.

Pertanto, in letteratura, a carico dei lavoratori che operano in impianti di compostaggio, non risultano essere descritti effetti simili a quelli di coltivatori esposti a micotossine presenti nella polvere di grano (Fisher, 2000).

L'automatizzazione delle operazioni di carico e scarico delle biocelle, l'aerazione spinta dei materiali biodegradabili in ambienti chiusi, il controllo dei parametri chimico fisici e microbiologici che favoriscono la bio-ossidazione ed adeguati sistemi di depurazioni delle emissioni, in particolare la bio-filtrazione, riducono drasticamente questi problemi, in particolare per l'ambiente esterno.

Ad esempio, misure effettuate in Germania, su un moderno impianto di selezione di MPC di origine industriale e domestico e successivo compostaggio della frazione organica selezionata, verificava che la carica microbica dell'aria sottoposta a bio-filtrazione risultava simile a quella dell'aria esterna all'impianto. Le misure nell'ambiente di lavoro di questo impianto verificavano che la polverosità più alta si riscontrava nel reparto di consegna dei MPC e che le concentrazioni nell'aria di cadmio, nichel e mercurio risultavano simili a quelle riscontrate nell'aria esterna (Streib, 1996).

Analogamente, le misure effettuate in un impianto olandese per il compostaggio di scarti vegetali evidenziavano che le concentrazioni indoor di VOC e di idrogeno solforato erano molto più

bassi di quelli previsti dalla normativa olandese per gli ambienti di lavoro, mentre la carica batterica e fungina superavano i limiti previsti.

Controllo della carica batterica patogena

Esiste un'ampia documentazione in letteratura sulla inattivazione di batteri patogeni ad opera del compostaggio, grazie a diversi fattori che operano contemporaneamente: alta temperatura, competizione tra diversi batteri, azione antibatteriche di funghi (actinomiceti e streptomiceti).

Ad esempio, sperimentazione in condizioni controllate di compostaggio di deiezioni bovine hanno verificato che, con una temperatura di 50°C nel bioreattore, 24 ore di compostaggio inattivano la popolazione di escherichia coli, la quale scompariva se questa temperatura era mantenuta per un periodo da 7 a 14 giorni (Jiang X, 2003).

Altri esperimenti di compostaggio di stallatico di mucca, oltre a confermare l'inattivazione delle escherichia coli dopo 48 ore di compostaggio a 45°C, verificavano analogo effetto disattivante nei confronti delle salmonelle non più riscontrabili dopo 48 ore di trattamento (Lung AJ, 2001).

Anche la fase di stoccaggio del compost risulta importante per la disinfezione di contaminazioni biologiche e patogeni fecali (Deportes I, 1998).

Peraltro, la concentrazione di batteri totali e di batteri gram-negativi in operazioni di compostaggio di scarti urbani con pannolini per bambini, usati, non hanno dimostrato differenze significative, rispetto alla carica batterica presente in compost prodotto senza pannolini (Jager E, 1994).

L'elevata temperatura (70-80°C) che si raggiunge nell'ultima fase del processo di bio-essiccazione e la marcata riduzione dell'umidità presente nei MPC bio-essiccati è certamente un ulteriore elemento che, nel caso di questo tipo di trattamenti, dovrebbe ulteriormente ridurre eventuali rischi di tipo biologico, in particolare per i lavoratori.

Sottolineiamo il fatto che il trattamento di sanificazione dei MPC, realizzato con la bio essiccazione, espone a rischi biologici decisamente minori i lavoratori addetti ai trattamenti successivi, ovvero la cernita e la separazione di metalli ed inerti e l'imballaggio o la pellettizzazione del bio-essiccato.

Inoltre, occorre ricordare che i moderni impianti di bio-essiccazione sono dotati di impianto di trattamento dell'aria, biofiltri e/o filtri a manica che sicuramente contribuiscono a ridurre ulteriormente la carica batterica emessa in atmosfera.

In queste condizioni, un'area di rispetto di alcune centinaia di metri di distanza, dovrebbe fornire le più ampie garanzie di sicurezza per chi eventualmente risiedesse intorno all' impianto. Infatti, studi sulla carica batterica presente nell'aria intorno ad impianti di compostaggio hanno dimostrato, in alcuni casi, l'assenza di contaminazione batterica attribuibile all'impianto di compostaggio (Reinthal, 1999); in altri studi effettuati intorno ad impianti di compostaggio, realizzati all'aperto o in luoghi parzialmente chiusi, si è riscontrato, nelle peggiori condizioni d'esercizio per l'emissioni di polveri, che la carica batterica proveniente dall'impianto di compostaggio subisce una drastica diminuzione con l'aumentare della distanza dell'impianto e si riporta ai valori naturali di fondo, entro un raggio massimo di alcune centinaia di metri (Neef, 1999).

Depurazione delle emissioni con bio-filtri

Molto promettente, sia per il miglioramento della qualità dell'aria che per l'abbassamento dei costi di esercizio degli impianti di compostaggio e di bioessiccazione, appare l'uso dei biofiltri, come tecnica biologica di decontaminazione degli effluenti gassosi.

Questa tecnica si è cominciata ad applicare intorno agli anni '70 e si è rapidamente affermata per i suoi indubbi vantaggi. Anche se sono previsti ulteriori miglioramenti delle prestazioni, la bio-filtrazione si è dimostrata particolarmente efficace per ridurre le emissioni di inquinanti associabili alle operazioni di compostaggio.

Ad esempio, con tempi di residenza nel bio filtro di 2-3 minuti si ottiene la rimozione dall' 89 al 97 % dei VOC aromatici e dei VOC totali.

Inoltre, la biofiltrazione, anche grazie all'utilizzo di ceppi batterici opportunamente selezionati, può assorbire e degradare numerosi composti organici tossici quali idrocarburi policiclici aromatici e composti organici clorurati.

Infine, numerosi studi hanno confermato che i bio-filtri non rappresentano un rischio per il rilascio nell'ambiente di micro organismi eucarioti.

Negli impianti Meccanico Biologici l'effetto combinato di umidificatori e bio filtri per abbattere le polveri e minimizzare l'emissione di cattivi odori si è dimostrato degno di attenzione. Molti dei parametri previsti dalla normativa tedesca sono rispettati, applicando questa tecnologia.

Possono tuttavia crearsi dei problemi (minore efficienza del bio filtro) nel caso di elevate emissioni di ammoniaca, composti organici azotati e metano.

Questi problemi sembrano sorgere dal trattamento di specifici materiali quali fanghi da trattamento acque.

In questo caso, per ovviare a questi problemi, alcuni impianti MBT hanno adottato sistemi termici per l'abbattimento di questi composti, con risultati migliori e più stabili, a fronte di un aumento dei costi, comunque giudicato accettabile (meno del 10 % dei costi dell'intero impianto).

Tuttavia, il costo ambientale di questo trattamento, rispetto alla tecnica dei bio filtri, è una maggiore emissione di CO2 e di ossidi di azoto.

Segnaliamo comunque che negli impianti di bio essiccazione dei MPC di origine urbana, l'ammoniaca non è un problema e i normali biofiltri oggi in uso anche in Italia, garantiscono il pieno rispetto dei limiti alle emissioni per questo composto (5 mg/Nmc) con valori normalmente inferiori ad 1 mg/Nmc.

Sostanze tossiche nel compost

Per garantire il minor rischio possibile nell'uso agricolo del compost sono stati effettuati numerosi studi sulla presenza, in questa matrice, di composti tossici, sia di natura organica che metalli.

Ovviamente, non stupisce il fatto che anche nel compost siano presenti composti organici persistenti che si trovano nel latte materno o metalli pesanti di origine naturale o antropica. Tuttavia, non risulta che il processo di compostaggio, al contrario dell'incenerimento, induca la formazione ex-novo di sostanze tossiche; al massimo rappresenta un sistema di concentrazione di alcuni di questi composti, sia per la naturale perdita di acqua e di carbonio organico (e quindi di massa), durante il compostaggio, sia per l'affinità chimico-fisica di diversi composti organici ed alcuni metalli con la componente humica del compost.

A riguardo, sottolineiamo il fatto che numerosi studi confermano che, proprio grazie a queste interazioni, il compostaggio può essere, in molti casi, un sistema di detossificazione chimico-fisica e/o biologica del materiale trattato.

Ad esempio, si è verificato che con il compostaggio si riduce la concentrazione iniziale di diversi inquinanti organici persistenti (POP) presenti nel materiale sottoposto al compostaggio.

In particolare, si è riscontrato una significativa riduzione di Idrocarburi Policiclici Aromatici. Dopo due mesi di compostaggio, la concentrazione di fluorantene e benzo(a)pyrene presenti in fanghi fognari, risultava inferiore ai valori minimi determinabili, con una marcata diminuzione rispetto alle concentrazioni iniziali (Amir S., 2002). E il trattamento con compost di terreni contaminati da IPA diminuiva drasticamente la tossicità nei confronti di lombrichi allevati in questi stessi terreni (Potter, 1999)

Ci sono anche evidenze sperimentali che il compostaggio provochi significative riduzioni della concentrazione di pesticidi quali il clorpirifos e il pendimetalin e di erbicidi quali il Dicamba. Numerosi studi hanno anche suggerito una potenziale applicazione del compostaggio, quale metodo di bio-degradazione di composti organici clorurati ed in particolare di diossine e furani.

Infatti, è stata verificata la capacità di popolazioni microbiche presente in terreni fortemente contaminati da diossine e furani, a causa dell'attività di incenerimento di rifiuti, di degradare questi composti (Hiraishi, 2001). In particolare, si è osservata una significativa diminuzione di PCDD/F, mescolando terreno contaminato a compost.

Ad esempio, in queste condizioni sperimentali, gli octa derivati dei PCDD/F subivano una riduzione del 31-35 %, dopo 90 giorni di incubazione.

Un simile risultato è stato dimostrato anche da Rosenbrock (1997) che verificava come, aggiungendo compost a terreni con ridotta biomassa microbica, la mineralizzazione delle diossine immerse in questo terreno aumentava del 28%, mentre nei terreni ricchi di materiale organico e di biomassa microbica, circa il 40% delle diossine presenti si mineralizzava dopo 70 giorni.

Questi risultati supportano l'ipotesi, emersa dagli studi dell'Istituto Mario Negri sugli effluenti gassosi di un bio-essiccatore, che questo tipo d'impianto ed in particolare il bio-filtro possa essere considerato come un vero e proprio impianto di decontaminazione delle diossine presenti nell'aria ed eventualmente «strippati» dai materiali sottoposti a questo trattamento.

Peraltro, i risultati ottenuti da Eitzer (1997), confermano che durante il compostaggio non si ha formazione ex novo di PCDD/F. Questi composti furono dosati prima e dopo il compostaggio effettuato in tre diversi cumuli all'aperto di scarti di mensa e di coltivazioni in serra. Non si evidenziarono differenze statistiche tra le concentrazioni misurate prima e dopo il compostaggio e la concentrazione media totale di PCDD/F (2.75 pg TEQ/g) risultava inferiore ai 5 pg TEQ/g raccomandati dal governo tedesco, per l'uso agricolo del compost.

Misure di diossine nell'aria immessa ed emessa da un bio-ossidatore

L'Istituto Mario Negri, nel Novembre del 2002, ha effettuato una serie di misure nell'aria in ingresso ed in emissione da un impianto per la produzione di CDR, secondo la tecnica della bio-essiccazione. Queste misure sono state finalizzate per dosare la concentrazione di diossine e furani e per verificare se fosse vera l'ipotesi che anche gli impianti di bio-essiccazione sono una fonte di contaminazione da diossine.

Le misure hanno riguardato l'aria esterna, l'aria in ingresso nei biofiltri proveniente dall'impianto di bio-essiccazione, l'aria in uscita dai biofiltri e l'aria in uscita dal reparto per la preparazione del CDR a partire dal prodotto bio essiccato.

In sintesi, i risultati sono riportati nella tabella seguente. Concentrazioni di TCDD equivalenti nella linea aria di un impianto di bio-essiccazione.

Concentrazioni di TCDD equivalenti nella linea aria di un impianto di bio-essiccazione

	Human TCDD equivalenti (pg/Nmc)
Aria ambiente (100 metri dagli impianti)	0.181
Aria monte Bio filtro	0.129
Aria uscita Bio filtro	0,033
Aria uscita trattamento CDR	0.015

Come risulta dalla tabella, la concentrazione di diossine «naturalmente» presenti nell'atmosfera, si riducono progressivamente, in particolare dopo l'uscita dal biofiltro.

Questo risultato è stato confermato da misure effettuate successivamente, ma non è inaspettato. Come già detto, le condizioni operative della bio-essiccazione non permettono in assoluto la sintesi ex-novo di diossine e furani.

Invece, diossine e furani sono presenti, come contaminanti, già nei MPC.

Dati di letteratura (Abad, 2002) riportano concentrazioni di diossine nei rifiuti urbani in quantità estremamente variabile, a seconda del livello di contaminazione dei rifiuti stessi: da 64 ng I-TEQ/Kg a 2.2 ng I-TEQ/Kg.

I risultati del Mario Negri smentiscono l'ipotesi che nella bio-essiccazione l'insufflazione d'aria possa volatilizzare le diossine presenti nei rifiuti e contaminare l'aria stessa a concentrazioni superiori a quella prodotta dall'incenerimento di una pari quantità di MPC. Questa ipotesi ignora il fatto che le diossine sono intrinsecamente poco volatili e che, in presenza di matrici di natura organica e di particellato fine, come nel caso dei bio essiccatori, si adsorbono a questi substrati e, grazie a questo tipo di interazione, la loro volatilità si riduce ulteriormente.

L'effetto di abbattimento di diossine e furani a valle dei biofiltri, oltre ad una spiegazione di natura chimico-fisica (adsorbimento) potrebbe essere attribuita ad una vera e propria biodegradazione che ceppi di microorganismi sviluppati sui biofiltri possono esercitare sui composti organici clorurati.

Questa ipotesi deve essere confermata ma, come già detto, in base a risultati di laboratorio, è plausibile.

Diossine: bioessiccatori ed inceneritori a confronto

In attesa di confermare e chiarire il meccanismo del fenomeno riscontrato negli impianti di bioessiccazione, si può certamente affermare che, nella ipotesi più sfavorevole in questi impianti, il bilancio tra diossine in ingresso (nei MPC e nell'aria) ed in uscita (emissioni da camino, compost e biofiltri) è neutro. In altre parole, la quantità di diossine presenti nei materiali post consumo trattati è pari a quello presente in uscita nel materiale stabilizzato e nei bio-filtri.

Tuttavia, in entrambe le matrici, l'elevata concentrazione di composti organici humificati garantisce una bassa bio-disponibilità delle diossine, anche se queste sono presenti. E questa caratteristica, ben documentata da numerosi studi chimici e tossicologici, rappresenta una obiettiva opera di detossificazione dei MPC trattati con la bio-essiccazione.

Al contrario, è noto che in alcune fasi dell'incenerimento le diossine sono sintetizzate ex novo, a partire da precursori non tossici.

Per far fronte a questo oggettivo problema (gli inceneritori producono diossine) è stato necessario mettere a valle dell'impianto termico complessi e sofisticati sistemi di abbattimento che non riescono a «distruggere» le diossine, ma le segregano in diverse nuove matrici (ceneri volanti, carboni attivi) che devono subire ulteriori trattamenti di inertizzazione che non tutti ritengono conclusivi ai fini di evitare possibili contaminazioni ambientali, specialmente in previsione di tempi di stoccaggio estremamente lunghi, a causa dell'elevata stabilità chimica delle diossine.

Questa problematica è stata studiata a fondo da Abad (2002) su un impianto di termovalorizzazione di RSU da 145.000 t/a, realizzato a Tarragona nel 1991 e adeguato nel 1997 con una linea fumi (filtri a manica, iniezione di calce e carbone attivo) in grado di rispettare ampiamente (0.0012 - 0.0032 ng I-TEQ/Nmc) i limiti più restrittivi previsti dalla normativa europea sui rifiuti.

Lo studio ha realizzato un'accurata analisi della quantità di PCDD/F presente nell'aria ambiente e nell'aria all'interno del bunker di stoccaggio dei MPC, negli stessi MPC, nelle ceneri volanti, nelle ceneri pesanti e negli effluenti da camino.

La Tabella seguente riporta le concentrazioni medie di diossine riscontrate nell'aria all'esterno dell'impianto, all'interno dello stoccaggio MPC e nelle emissioni a camino.

Concentrazioni in aria di diossine nelle emissioni, nella zona di stoccaggio e nell'ambiente esterno dell'impianto di incenerimento di RSU di Tarragona.

	<i>n</i>	pg I-TEQ/Nmc		
		<i>media</i>	<i>max</i>	<i>min</i>
Emissioni a camino	8	8	20	3
Bunker stoccaggio MPC	5	1.39	4.6	0.085
Aria ambiente	12	0.05	0.5	0.010

Da questa tabella risulta che la concentrazione di diossine nell'aria all'interno dell'impianto (bunker stoccaggio MPC) è maggiore di quella riscontrata nell'aria esterna e questo inquinamento è molto variabile. Probabilmente questo fatto è dovuto alla emissione di diossine presenti nei rifiuti stoccati.

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella si può anche constatare che, mediamente, la concentrazione di diossine nell'aria, all'uscita dell'impianto, è 160 volte maggiore di quella riscontrata nell'aria all'ingresso (aria ambiente).

Di fronte a questi numeri ci sembra difficile sostenere che gli inceneritori sono impianti di disinquinamento delle diossine.

Anche le analisi sulle matrici solide confermano la sostanziale infondatezza di questa affermazione.

Concentrazioni di diossine in diverse matrici solide presenti nell'inceneritore di RSU di Tarragona

	<i>n</i>	ng I-TEQ/Kg		
		<i>media</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
MPC	22	11.3	1.5	87.5
Scorie	8	9.6	4	13
Ceneri volanti	8	512	270	720

La Tabella mostra che nei MPC inviati alla termovalorizzazione sono presenti quantità molto variabili di diossine. Dopo la combustione, le diossine non spariscono affatto ma si ritrovano nelle ceneri pesanti ed in concentrazioni molto più elevate nelle ceneri volanti, ossia quella parte di emissioni trattenute dai diversi sistemi di controllo fumi dove, insieme alle diossine, si concentrano anche tutti i metalli tossici filtrati dai fumi.

Ogni anno, l'impianto di termovalorizzazione in esame produce 3.120 tonnellate di ceneri volanti che, a causa del contenuto di diossine e metalli, sono da considerarsi un rifiuto tossico il cui smaltimento richiede opportuni, ulteriori trattamenti di inertizzazione ed adeguati stoccaggi.

E' il caso di ricordare che questo tipo di rifiuto prodotto dagli inceneritori tedeschi finisce nelle miniere di salgemma, insieme ad una quota delle ceneri volanti prodotte dall'inceneritore di Brescia. Ovviamente, l'inertizzazione, il trasporto e lo stoccaggio di questi rifiuti hanno costi molto elevati e comportano rischi per i lavoratori e per l'ambiente ancora poco studiati.

Studi sui bilanci di massa di diossine condotti su un impianto di termovalorizzazione, operante in Italia, hanno fornito risultati simili (Giugliano et al. 2002).

In questo caso l'impianto da 400 tonn /giorno è equipaggiato con uno dei più moderni sistemi di trattamento fumi: filtro a manica, scrubber umido a due stadi e impianto catalitico per il trattamento degli ossidi di azoto e delle diossine.

Il bilancio di massa delle diossine (I-TEQ per unità di peso di MPC trattato è risultato essere il seguente:

Flusso di PCDD/F nei residui del termo-valorizzatore

	I-TEQ (ng/kg MPC)	%
Scorie	7.59	72.6
Ceneri boiler	0.58	5.6
Ceneri filtro a maniche	1.94	18.6
Fanghi	0.16	1.5

<i>Fumi</i>		
Fase gassosa	0.15	1.5
Fase particellata	0.02	0.2
Totale	10.44	100

Facciamo notare che, in base a queste misure, l'impianto in questione non avrebbe rispettato il limite di rilascio totale di PCDD/F (5ng I-TEQ/kg di MPC incenerito) adottato dal governo giapponese nel 1997.

In conclusione, in base ai risultati di questi studi, un inceneritore può essere considerato un depuratore di diossine solo se i MPC inviati a questo impianto sono molto inquinati da diossine.

Nell'inceneritore di Tarragona, il bilancio diossine può essere considerato nullo (la quantità di diossine presenti negli scarti trattati risulta uguale a quella complessivamente presente, a fine ciclo, nelle emissioni e nelle ceneri) quando la concentrazione media di diossine nei MPC è di 13.39 ng I-TEQ/kg.

Solo quando la concentrazione di diossine nei MPC è superiore a questo valore il bilancio è negativo, il che significa che l'inceneritore ha degradato le diossine in ingresso e ne ha prodotto una quantità inferiore.

Nello studio effettuato sull'inceneritore di Tarragona, una sola volta, su otto, l'impianto ha prodotto meno diossine di quante ne fossero presenti nei MPC trattati. In questo caso, la concentrazione di diossina misurata nei MPC risultava particolarmente elevata (64.15 ng I-TEQ/kg).

Su base annua, questo valore sarebbe corrisposto ad una quantità di diossine in ingresso pari a 9.3 grammi. In questa situazione, e sempre su base annua, la quantità di diossine emesse dal camino, presenti nelle ceneri pesanti e nelle ceneri leggere sarebbe stata, rispettivamente, di 0.002, 0.46, 1.15 grammi (totale: 1.61 grammi).

Nelle successive misure, effettuate sul termovalorizzatore di Tarragona la quantità di diossine in ingresso presente nei MPC risultava sempre molto più bassa (da 1.03 a 0.32 g I-TEQ/anno) e in questi casi, rimanendo sostanzialmente costante la quantità di diossine trovate nei fumi e nelle ceneri, l'incenerimento comportava una produzione netta di diossine da 0.16 a 2.28 g I-TEQ/ anno.

In conclusione, sia per il compostaggio che per l'incenerimento, la quantità di diossine che queste due tecnologie immettono nell'ambiente dipende dalla contaminazione dei materiali trattati.

Nei sistemi di trattamento biologico questo bilancio è sempre sicuramente nullo (quello che entra, esce) ed è possibile che sia negativo (diossine in uscita in quantità minori di quella in ingresso) se viene confermata la biodegradazione di questi composti ad opera della carica di microorganismi che sono presenti nel compost e nel bio-filtro. Inoltre, i risultati disponibili suggeriscono che i bio filtri possano essere un'eccellente «trappola» per questi composti, in quanto sono in grado di trattenere, non solo eventuali diossine «strippate» dai MPC, ma anche quelle naturalmente presenti nell'aria.

Gli inceneritori sembrano avere un bilancio negativo rispetto alle PCDD/F solo se i MPC risultano fortemente contaminati, evento per fortuna sempre meno probabile, grazie alla drastica riduzione della produzione di diossine, a partire dagli impianti di incenerimento rifiuti, e al significativo calo della sua concentrazione in molte matrici ambientali e negli alimenti.

La maggiore quantità di diossine che un inceneritore immette nell'ambiente è su matrice solida (le ceneri), con rischio ambientale ridotto (ma da garantire anche nel lungo periodo), se opportunamente segregata.

La quantità di diossine immesse nell'ambiente attraverso i fumi rappresenta una percentuale molto piccola, rispetto alla quantità totale di diossine presente nelle matrici solide ed aeriformi in uscita all'impianto (inferiore allo 0.4%, nel bilancio dell'inceneritore di Tarragona), ma tale da peggiorare significativamente ed in ogni caso, la qualità dell'aria in ingresso.

La logica conclusione che si può fare, esaminando questi dati è che il ricorso all'incenerimento è giustificato solo per il trattamento e la decontaminazione di rifiuti tossici o molto contaminati da diossine.

La Tabella che segue, riporta la concentrazione mediana di TCCD, trovata in diversi matrici ambientali.

Concentrazione di diossine in matrici solide: suolo, compost, fanghi, materiali post consumo

	Località	anno	n	ng I-TEQ/kg secco		
				mediana	min	max
Compost	Germania	1994	101	11.3	7.49	17.5
Fanghi	Germania	1992	30	32	18	144
Terreno*	Spagna	1999	24	1.00	0.15	4.9
Erba*	Spagna	1999	24	0.11	0.04	0.28
MPC	Spagna	1999	22	2.73	1.47	87.5

* Campioni raccolti intorno all'inceneritore di Tarragona

La tabella mostra che nell'ordine, MPC, compost, fanghi, possono presentare una contaminazione crescente di PCDD/F.

La spiegazione di questo fenomeno, dal punto di vista chimico-fisico, è già stata brevemente accennata.

Ovviamente, occorre anche tener conto di eventuali differenze locali ed, in particolare, della data di campionamento.

Misure di PCDD/F effettuate negli anni '90, in Catalogna (Spagna), su campioni di fanghi, evidenziavano concentrazioni (I-TEQ/kg secco) tra 5.6 e 90 ng.

Questi valori sono più bassi di quelli trovati, nello stesso paese, durante gli anni '70 e '80 (Eljarat, 1999), ovvero tra 29 e 8.300 ng I-TEQ/kg secco.

In Spagna, come in altri paesi europei, si è constatato che anche nei latticini, dal 1993 al 2000, la concentrazione media di PCDD/F è in costante calo.

Questo fenomeno fa sentire i suoi effetti positivi anche sul latte materno con significative riduzioni, documentate sia in Spagna che in Francia, tra il 1990 ed il 2000.

La Tabella che segue, conferma la riduzione di TCDD/F negli alimenti del Regno Unito, tra il 1982 e il 1992.

Concentrazione di PCDD/PCDF (ng I-TEQ/kg) alimenti raccolti nel 1982 e 1992, nel Regno Unito

	1982	1992
Carne	0.32	0.08
Pollame	0.50	0.13
Pesce	0.41	0.21
Olio e grassi	1.3	0.20
Uova	0.92	0.17
Latte	0.16	0.06
Latticini	1.2	0.16

Da Bearne et al. (1996)

Contributo alle emissioni di gas serra

Il bilancio delle emissioni di gas con effetto serra complessivamente prodotti dalle filiere scelte per il trattamento di MPC è un importante parametro che occorre prendere in considerazione, anche se non è il più determinante nel condizionare le scelte, almeno in base a possibili ricadute di inquinanti a livello locale.

A questo riguardo, si rimanda alle conclusioni dello studio di R.A. Dennison (Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling and incineration: a review of recent studies. Annu. Rew Energy Environ. 1996.21:191-237.) in merito al confronto tra termovalorizzazione e riciclaggio per il bilancio delle emissioni di anidride carbonica.

Se il bilancio, come è corretto, conteggia anche le emissioni di CO₂ derivanti dalla obbligatoria produzione da materie vergini dei prodotti post consumo termovalorizzati, in base ai calcoli di Dennison, per ogni tonnellata di MPC termovalorizzati si ha una produzione netta di 444 chilogrammi di anidride carbonica, contro un risparmio di 1.132 kg di gas serra se la stessa quantità di MPC è riciclata.

Questo ragionamento può essere esteso alla quantità di MPC tecnicamente riciclabili.

In percentuale, la riciclabilità massima tecnicamente raggiungibile per le diverse tipologie di scarti, si aggira sul 70-75% di quanto immesso al consumo. Obiettivi di riciclaggio vicini a questo valore (50-60%), non solo sono stati fissati dai governi di numerosi stati e da amministrazioni locali, ma in alcuni casi sono stati raggiunti.

Citiamo, come esempio, Seattle (500.000 abitanti) che, nel 1999 rispettava gli obiettivi di riciclaggio (60% dei MPC prodotti) prefissati dalla sua amministrazione comunale circa dieci anni prima. Questo obiettivo riguardava i residenti in case unifamigliari, ossia quelle che più facilmente si possono avvalere dell'efficienza della raccolta differenziata porta a porta. Nel complesso, in questa città del nord America, che ha privilegiato il riciclaggio e il compostaggio e ha rinunciato alla termovalorizzazione, il riciclaggio, alla fine del 1999, copriva il 40% della produzione.

Peraltro, molti stati USA hanno raggiunto tassi di riciclaggio molto alti adeguandosi all'obiettivo federale, fissato all'inizio degli anni '90, di riciclare il 50% dei MPC.

Se negli Stati Uniti, nel 1960 il riciclaggio ed il compostaggio erano il destino finale del 6,4% dei MPC prodotti, nel 2000 la quota riciclata e compostata in questo stesso paese raggiungeva il 30,1 %, a fronte di un 15% di incenerimento.

In particolare, i dati statistici più aggiornati forniti dall'EPA (1999) segnalano come in sette Stati Federali il riciclaggio è uguale o superiore al 40%, mentre in altri quindici Stati, la percentuale di riciclaggio è compresa tra il 30 e il 39%.

La scelta della Provincia di Trento di riciclare almeno il 50 % della propria produzione di MPC, va quindi nella giusta direzione.

Il raggiungimento di questo obiettivo che, lo ripetiamo, massimizza i risparmi di energia, di materie prime non rinnovabili, di gas serra, di inquinanti e contribuisce a ridurre i costi con adeguate economie di scala, permette di confrontare i vantaggi energetici ed ambientali delle filiere da scegliere per il trattamento della frazione residua dei MPC che, a valle di una raccolta differenziata e di un riciclaggio spinto, potremo considerare come frazione praticamente non riciclabile.

Con questa impostazione, è possibile mettere a confronto il contributo alle emissioni di gas serra di diverse filiere, in particolare quelle che prevedono trattamenti meccanico biologici (TMB) quali la bioessiccazione, seguiti o meno dal recupero energetico.

Per questo confronto si possono utilizzare i risultati di un recente studio (Luglio 2001) commissionato dalla UE alla AEA Technology-Environment, ed intitolato: «*Waste Management Option and Climate Change*».

Lo studio ha valutato l'effetto sulle emissioni di gas serra di diverse opzioni, adottate nei paesi dell'Unione, per il trattamento dei MPC, in particolare:

- Discarica MPC non trattati
- Incenerimento di massa con recupero di elettricità e/o calore
- Trattamento meccanico biologico
- Compostaggio
- Digestione anaerobica
- Riciclaggio

Lo studio ha dimostrato che la raccolta differenziata dei MPC, seguita dal riciclaggio di carta, metalli e plastica e compostaggio o digestione anaerobica della frazione putrescibile, produce il più basso flusso di gas serra, rispetto alle altre opzioni per il trattamento dei MPC tal quale.

Sulla frazione residuale non sottoposta a raccolta differenziata, il sistema di trattamento che precede la messa a discarica e che produce il minimo flusso di gas serra (-340 kg CO₂ eq/ton MPC) è proprio il **trattamento meccanico biologico con recupero dei metalli e messa a discarica degli inerti e del compost stabilizzato.**

L'efficienza della filiera «*TMB - discarica del bio essiccato*», al fine del contenimento delle emissioni di gas serra, migliora se nella discarica si adottano le migliori tecniche per il controllo della produzione di biogas.

Nel caso specifico, il bio-essiccato può essere compattato con le normali presse usate per i MPC, con il raggiungimento di densità molto alte (1.5 ton/mc). In questo modo si ottengono conduttività idrauliche molto basse (da 1×10^{-10} a 5×10^{-9} m/s). Per la conseguente bassa infiltrazione di acqua nel bio-essiccato compattato si minimizza la produzione di lisciviato e la quantità totale di azoto e carbonio, in base a dati sperimentali, si riduce dal 95 all'80-90%, rispettivamente.

Inoltre, l'emissione di gas da questa discarica si riduce del 90% rispetto ai rifiuti non trattati

Se il bio essiccato compattato è ricoperto con un primo strato di drenaggio permeabile (gli inerti recuperati con la bioessiccazione?) e con uno strato di bio-essiccato e/o compost grigio non compattato di circa 0.8 metri di spessore, l'eventuale metano che si libera dagli strati compatti potrà essere ossidato biologicamente durante l'attraversamento dello strato superficiale che agisce da bio filtro.

Misure sperimentali hanno verificato che nel materiale compattato si sviluppano condizioni di anaerobiosi ma la ridotta attività microbica nel materiale essiccato garantisce una ridotta produzione di bio-gas.

Complessivamente, il trattamento descritto rende stabile la discarica grazie alla ridotta attività biologica dei materiali stoccati, evita la necessità di raccogliere il biogas formato, riduce in modo significativo le emissioni di gas serra e riduce a valori minimi il lisciviato da trattare.

In maggiore dettaglio il trattamento meccanico biologico può prevedere due diverse opzioni, in base alla durata del compostaggio:

- 1° Caso. Stabilizzazione biologica spinta. Compostaggio per circa 90 giorni. Carbonio organico biodegradabile residuo tra 5 e 10%
- 2° Caso. Stabilizzazione biologica ridotta. Compostaggio per 40-60 giorni

Il materiale che risulta dai due tipi di biostabilizzazione, dopo aver recuperato i metalli e gli inerti per il loro riciclo, può avere due diversi trattamenti:

- messa a discarica
- incenerimento con produzione di elettricità.
-

Nello studio citato i bilanci di gas serra nelle diverse opzioni sono riportati nella tabella seguente.

Bilancio gas serra (kg CO2 eq/t MPC trattati)

Bio stabilizzazione e messa a discarica	
Compostaggio spinto	- 403
Compostaggio breve	- 329
Bio stabilizzazione e incenerimento con produzione elettricità	
Compostaggio spinto	- 295
Compostaggio breve	- 221
Incenerimento di massa	
Con produzione aggiuntiva di elettricità	- 10
In sostituzione di centrali a carbone	- 225

La tabella mostra che il compostaggio e la messa a discarica dei materiali stabilizzati, grazie al carbonio che in questo modo è sequestrato rispetto all'atmosfera, comporta una riduzione delle emissioni di gas serra di gran lunga maggiore di quella che si ottiene con l'incenerimento e la produzione di energia elettrica, quando questa è aggiuntiva alla produzione in atto di elettricità. In questo specifico caso il risparmio di gas serra è di sole 10 kg eq CO2/ton.

Se l' impianto di termovalorizzazione sostituisce un impianto termoelettrico alimentato a carbone, la riduzione di gas serra è molto più importante (-225 kg eq CO2/ton), ma risulta ancora inferiore a quella ottenibile con il compostaggio breve e la successiva messa a discarica.

In base a queste stime, il maggior risparmio di gas serra si ottiene se la termovalorizzazione avviene in un impianto predisposto alla cogenerazione continua d'elettricità e calore: (-348 kg eq CO2/ton).

Di poco inferiore il risparmio con l'uso di CDR in sostituzione del carbone nelle centrali termoelettriche e nei cementifici (-337 kg eq CO2/ton).

Queste stime sono basate sulla media europea nel controllo dei gas emessi dalle discariche, sul calcolo del carbonio sequestrato presente nel compost dopo l'interramento e dalla sostituzione di elettricità e calore prodotti dalla termovalorizzazione del bio-essiccato o dei MPC tal quali, rispetto all'energia elettrica e termica prodotti dal tipo medio di impianti presenti in Europa.

Costi dei trattamenti meccanico biologici e dell'incenerimento

Al momento dell'indagine UE, in Europa il numero di impianti con trattamento meccanico biologico dei MPC non era molto numeroso, se non in Germania ed Austria.

Pertanto, le stime sotto riportate dei costi (gate fee) di questo trattamento sono al momento indicative:

- 60 euro/t per il trattamento meccanico biologico e messa a discarica
- 75 euro/t per il trattamento meccanico biologico ed incenerimento

A confronto, nello stesso studio, **64 euro/t** è la stima del costo medio (gate fee) dei paesi dell'Unione (minimo 31 euro/t in Svezia, massimo 148 euro/t in Austria) per l'incenerimento dei MPC con produzione di elettricità.

Nella relazione non è precisato se in questi costi sono conteggiati anche gli incentivi per la produzione di elettricità (a carico della comunità).

Termovalorizzatori e bioessicatori: emissioni in atmosfera a confronto

Utilizzando i dati messi a disposizione per il progetto dell'inceneritore di Trento abbiamo calcolato le emissioni in aria per tonnellata di MPC trattato.

Per gli impianti Meccanico Biologici, non siamo riusciti ad ottenere dati di tipo sperimentale. Come accennato, le principali emissioni di questi impianti riguardano l'ammoniaca e i composti organici volatili. Per rispettare i limiti previsti dalle normative tedesche sono stati proposti ed utilizzati diversi sistemi di abbattimento in grado di garantire il rispetto di queste norme. Un recente studio effettuato da Eunomia Research & Consulting e dalla TBU Environmental Engineering, per conto di Greenpeace Environmental Trust ha valutato la possibilità di un sistema Meccanico biologico, integrato ad un sistema di riciclaggio spinto di poter chiudere il ciclo **senza** trattamento termico.

Lo studio riporta le emissioni di un Impianto Meccanico biologico, in cui l'aria della zona di stoccaggio e di pretrattamento, durante le ore di lavoro è trattata con biofiltri, mentre l'aria proveniente dai trattamenti biologici (in questo caso sia di tipo aerobico che anaerobico) subisce un trattamento termico con recupero del calore (Regenerative Thermal Oxidation): entrambi i sistemi sono supportati da un prelavaggio acido per ridurre il carico di ammoniaca.

Le emissioni calcolate per questo impianto, dopo i trattamenti descritti, sono riportati in tabella e messi a confronto con i valori stimati per l'inceneritore di Trento.

Concentrazioni stimate, e misurate, per tonnellata di materiale trattato, negli effluenti gassosi dell' inceneritore di Trento, degli impianti di bioessiccazione, nell' impianto Meccanico Biologico proposta da Greenpeace e nella pirolisi

	Milligrammi/tonnellata MPC			
	Inceneritore Trento ^a	Pirolisi ¹	Bio-essiccatori ²	MBT Greenpeace ^a
NH ³	/		1.200	65.000
Ammine (come NH ³)			47.600	
CO	409.400			56.700
PST	40.940	51.450	1.800	4.720
COT	40.940		75.000	34.000
HCl	40.940	4.410	2.600	n.c.
HF	8.188			n.c.
Acidi alogenidrici diversi da HCl			Max 500	
SO ²	409.400		Max 900	/
NO ^x	573.160	588.000		200.000
Cd + Tl	81,88			n.c.
Hg	163			2.5
Altri metalli	1.637			n.c.
Metalli pesanti			Max 30	
IPA	81,88			n.c.
PCDD/F (I-TEQ)	40,4 ng			13,5 ng
PCDD/F totali		<7,3 ng		

n.c.: non calcolato

^a : valori stimati:

- 1) Combustione flusso di pirolisi dopo trattamento con calce e bicarbonato. Comunicazione personale Ing. Ducati
- 2) Da relazione ing. Bianchi

A parità di quantità di materiale trattato la Tabella mostra che le stime e/o le misure dei flussi di massa forniscono l'indicazione che il bilancio ambientale dei trattamenti meccanico biologici esaminati, per quasi tutti i composti presi in considerazione in entrambi i sistemi, potrebbe essere migliore di quello prodotto dall'incenerimento.

Nei processi meccanico biologici sono particolarmente basse, rispetto all'incenerimento le emissioni di polveri, di acidi alogenidrici, di anidride solforosa, di metalli pesanti.

Le recenti misure di diossine all'uscita di biofiltri per il trattamento delle emissioni di un impianto italiano per la bio essiccazione, da noi discusse in un precedente paragrafo, sembrano confermare che anche per quanto riguarda questi composti la bio essiccazione sia intrinsecamente più sicura degli impianti di incenerimento.

L'unica eccezione sembrerebbe essere per l'emissione di ammoniaca e di ammine. Ma, come si è detto, questo sembra essere un problema legato al trattamento di particolari tipi di MPC.

Per un corretto confronto tra i diversi valori riportati in tabella ricordiamo che le emissioni riportate per l'inceneritore, la pirolisi e l'impianto MBT di Greenpeace fanno riferimento alle emissioni complessive a seguito produzione di energia termica, rispettivamente per combustione dei MPC, combustione dei gas di pirolisi e combustione del bio gas prodotto per fermentazione anaerobica.

Le emissioni degli impianti di bio essiccazione non tengono conto delle emissioni per un eventuale successivo uso energetico del bio essiccato.

Combustione del bio-essiccato.

Se il bio essiccato è utilizzato per la produzione di energia, il confronto delle emissioni di questo processo termico con altri processi deve essere effettuato paragonando le emissioni complessive (ad esempio: emissioni della bioessiccazione + emissione della combustione del bio essiccato *versus* emissioni incenerimento MPC tal quale).

Questo confronto sull'impatto ambientale di sistemi di termovalorizzazione deve essere fatto a parità di energia termica utile prodotta dai due sistemi, detratti i rispettivi consumi energetici interni.

Questa procedura è giustificata dal fatto che la massa del bio-essiccato è circa la metà della massa iniziale di MPC trattati con questa tecnica, e questa riduzione è, in prevalenza, dovuta alla perdita di acqua per evaporazione e alla rimozione di metalli ed inerti.

A favore della combustione del bio essiccato dovrebbe esserci una migliore e più omogenea combustione, per la ridotta presenza di acqua e di inerti ed una maggiore efficienza del processo termico.

Questa maggiore efficienza dipende dall'alto potere calorifico del bio essiccato e dalle conseguenti maggiori temperature ottenibili durante la sua combustione.

Anche una maggiore omogeneità delle caratteristiche combustibili del bioessiccato ed un minor contenuto di ceneri, rispetto al rifiuto d' origine, dovrebbe favorire una maggiore efficienza del processo di combustione di questo materiale.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale, la presenza di più efficaci sistemi di disinquinamento fumi è a favore della termovalorizzazione, rispetto ad altri impianti termici.

Un confronto corretto tra gli impatti ambientali di diversi sistemi di recupero energetico dovrebbe valutare se l'energia prodotta dalla combustione dei MPC è aggiuntiva o sostitutiva al sistema di produzione di energia già presente sul territorio interessato.

In altre parole, bisognerebbe dimostrare che il termovalorizzatore sostituisce un impianto di produzione di energia già esistente oppure evita la costruzione di un nuovo impianto a combustibile convenzionale di analoga potenza.

Ovviamente, anche il tipo di combustibile risparmiato con la termovalorizzazione è importante, ai fini di una corretta valutazione.

Infatti è oggettivamente diverso, a parità di energia utile prodotta, l'impatto ambientale (Life Cycle Analyses) di un moderno impianto per la produzione di elettricità che utilizza il metano, come combustibile rispetto ad una centrale termoelettrica a carbone.

Riteniamo che siano da valutare con attenzione e con una approfondita analisi LCA i vantaggi offerti dall'uso del bio-essiccato in parziale sostituzione del carbone utilizzato da centrali termoelettriche già operative.

In questo caso, il bio essiccato offre un intrinseco minore impatto ambientale rispetto al carbone, in quanto nel bio-essiccato sono mediamente presenti in più bassa concentrazione zolfo e numerosi metalli pesanti ed inerti. Inoltre, questa sostituzione riduce, in proporzione alla sua entità, gli impatti ambientali ed i gravi rischi dei minatori durante l'estrazione ed il trasporto del carbone, come pure gli impatti ambientali prodotti dal trasporto e dallo stoccaggio delle ceneri.

Per quanto riguarda il confronto delle emissioni di diossine da diversi sistemi di termovalorizzazione, riteniamo opportuno ricordare che le centrali termiche a carbone sono caratterizzate da basse emissioni di questi composti, nonostante l'assenza di impianti di abbattimento dedicati e nonostante condizioni chimiche e termiche che dovrebbero favorirne la formazione.

Il fattore di emissione delle diossine stimato per impianti industriali a carbone è uno dei più bassi (**0.087 ng/kg** - US-EPA, 1998) tra tutte le emissioni da impianti termici civili ed industriali. A confronto, il fattore di emissione misurato in un moderno inceneritore italiano, realizzato a Cremona nel 1997, con una linea trattamento fumi che comprende wet scrubber, spray dryers, activated carbon injection, fabric filters e selective non-catalytic reduction è di **0.71 ng/kg** (Camerini S., 2002), otto volte superiore.

Come numerosi studi dimostrano, è possibile che sia proprio la caratteristica presenza di zolfo nel carbone ad inibire la formazione di diossine.

La minore produzione di diossine nella co-combustione con carbone, a parità di RDF trattato in impianti a letto fluido è stato sperimentalmente dimostrato da Gullet (Gullet, 2000) il quale verificava che l'aggiunta di basse dosi (< 7%) di carbone a RDF, comportava una riduzione della emissione totale di PCDD/F anche dell'80%.

Pertanto, è possibile che la co-combustione, in opportune proporzioni, del bio essiccato insieme al carbone, emetta in atmosfera una quantità di diossine, attribuibili al bio essiccato, confrontabile con quella immessa nell'ambiente a seguito della termovalorizzazione della quantità equivalente di MPC.

CONCLUSIONI

Le tecniche per la gestione dei Materiali Post Consumo (MPC) che comportano le minori emissioni di inquinanti nell' ambiente, la massima riduzione di gas serra ed il massimo risparmio energetico sono:

- riduzione della produzione alla fonte
- riciclaggio
- compostaggio.
-

Riduzioni del 5-10% sono realizzabili in tempi relativamente rapidi e a costi competitivi.

Tassi di riciclaggio e compostaggio del 50%, con punte di 70-75 % sono possibili all'interno di una politica che vede la trasformazione del rifiuto in una potenziale risorsa che è utile ed opportuno recuperare.

La situazione socio economica e culturale del Trentino non è un fattore limitante per il rapido raggiungimento di questi obiettivi.

Per il trattamento della frazione di MPC residua alla riduzione, al riuso, al riciclaggio e al compostaggio, il trattamento meccanico biologico appare avere interessanti vantaggi dal punto di vista ambientale.

In particolare, l'intrinseco vantaggio dei trattamenti meccanico biologici è l'estrema flessibilità.

Il risultato finale del trattamento è facilmente modulabile, anche all'interno dello stesso tipo di impianto, regolando i tempi di trattamento ed i parametri chimico-fisici per ottenere il prodotto finale desiderato.

A seconda dei casi si può privilegiare la bio essiccazione o la bio ossidazione più o meno spinta e se la composizione dei MPC varia, gli impianti dedicati a questi trattamenti possono essere finalizzati al compostaggio di qualità o viceversa.

Inoltre, l'economia di scala degli impianti di trattamento meccanico biologici non appare essere un fattore particolarmente critico.

Pertanto, inserendo un sistema meccanico biologico nel trattamento dei MPC sono possibili diverse filiere.

La filiera che presenta il maggiore risparmio di gas serra, il maggiore contenimento delle emissioni nell'ambiente e un'occupazione di suolo confrontabile con quello delle ceneri di un termovalorizzatore è la bio ossidazione con sottrazione del carbonio ossidabile tramite stoccaggio permanente e/o provvisorio del materiale bio ossidato opportunamente pressato.

Questa soluzione non pregiudica un futuro utilizzo delle potenzialità energetiche dei materiali stoccati, rinviandolo a condizioni di mercato e sviluppo di tecnologie più vantaggiose.

La seconda filiera può essere definita quella della bio essiccazione e co-combustione del bioessiccato in centrali termoelettriche a carbone, a parziale sostituzione di questo combustibile fossile.

Questa filiera ottimizza il risparmio energetico ed ambientale, sfruttando l'elevata efficienza di questi due impianti, assicurando la sostituzione con una fonte energetica parzialmente rinnovabile di una non rinnovabile e con una intrinseca minore produzione, rispetto al carbone sostituito, di numerosi macro e macro inquinanti.

E' molto probabile che questa parziale co-combustione, non modifichi in modo significativo l'emissione di diossine da questo tipo di impianto termico che come già visto, ha intrinsecamente un fattore di emissione diossine confrontabile, se non addirittura più basso dei termovalorizzatori di ultima generazione.

Un'ulteriore filiera possibile è quella che vede il ricorso a tecniche al recupero energetico della sola frazione bio-degradabile, grazie all'uso del bio essiccato per alimentare impianti di digestione anaerobica, insieme ad altri tipi di scarto biodegradabile (fanghi da impianti di depurazione acque). L'alta efficienza degli impianti termici a gas, i vantaggi nel poter stoccare e trasportare il biogas attraverso la rete per la distribuzione del metano, sono intrinseci vantaggi di questa filiera che occorre valutare con attenzione.

Altre filiere possibili che prevedono il recupero energetico del bio stabilizzato possono essere la pirolisi, intrinsecamente a basso impatto ambientale rispetto a numerosi inquinanti e senza gravi problemi di economia di scala, non appena questa tecnica sarà uscita dall'attuale fase di applicazione per il recupero energetico dei MPC da considerarsi ancora agli esordi anche se molto promettente.

In particolare molto interessante è l'alta efficienza energetica degli impianti termici che utilizzano in linea il gas prodotto dalla pirolisi e quest'ultima può godere dei vantaggi del trattamento di materiali secchi che garantiscono una maggiore produzione di gas.

Un'ulteriore filiera per il recupero energetico può essere quella del trattamento del bio stabilizzato in impianti termici a letto fluido, sia in impianti dedicati che in impianti previsti per la co-combustione, con i vantaggi intrinseci di questa tecnologia.

L'ultima filiera è quella che vede la bio essiccazione affiancarsi alla termovalorizzazione, con impianti di incenerimento dotati di una linea trattamento fumi ad alta efficienza. In questo caso, il principale vantaggio dell'impianto di bio essiccazione è quello di poter garantire, senza particolari problemi, lo stoccaggio provvisorio dei MPC stabilizzati, durante i non brevi periodi di fermo impianto.

In assenza di bio essiccatori è inevitabile che i rifiuti tal quali debbano essere inviati in discarica con tutti i problemi ambientali che questo tipo di trattamento comporta.

Ovviamente, si può ovviare in parte a questo grave inconveniente che minimizza i vantati vantaggi degli inceneritori come sistemi per ridurre i volumi dei rifiuti, con un sovradimensionamento degli impianti di termovalorizzazione. Ma questa scelta comporta, inevitabilmente, maggiori costi per la costruzione dell'impianto a carico della collettività.

In tutte le filiere brevemente descritte in questa sintesi, il vantaggio del trattamento di biostabilizzazione è quello che in modo rapido ed efficace, è neutralizzato il vero ed unico problema sanitario ed ambientale dei Materiali Post Consumo di produzione urbana, ossia la putrescibilità di una parte dei loro componenti.

L'importante sanificazione e detossificazione dei MPC che si ottiene con la bio essiccazione, la riduzione di massa e di volume, la possibilità di un più sicuro ed efficace recupero di metalli, inerti e materie plastiche dopo questo trattamento (con il corrispondente ed importante risparmio energetico), facilitano, anche dal punto di vista economico ed ambientale, gli eventuali successivi processi di trasporto e di trasformazione (pellettizzazione).

Se ne avvantaggiano anche successive eventuali fasi di stoccaggio che possono essere realizzate, in tutta sicurezza, sia per tempi brevi che per tempi lunghi, in base alle necessità logistiche ed economiche o alle migliori condizioni di mercato, per il riutilizzo di questi materiali.

ALLEGATO

Il problema diossine

Ci è sembrato utile, per i lavori della Commissione e per le decisioni in merito da parte dell'Amministrazione Provinciale, fornire alcune informazioni aggiornate sui rischi connessi all'esposizione a diossine.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le tappe più importanti sul riconoscimento dei rischi dell'esposizione a diossine da parte di organismi internazionali di ricerca e le misure messe in atto per ridurre questa esposizione.

Cronistoria sugli studi per valutare gli effetti delle diossine e norme per il contenimento di questi effetti.

1976	<u>Incidente SEVESO</u>
1989	Direttiva UE per ridurre le emissioni degli inceneritori <i>Diossine: 0, 1 ng/m³</i>
1991	L'OMS fissa la dose giornaliera tollerabile di diossine a 10 pg/kg peso
1993	Il V piano d'azione della UE prevede di ridurre le emissioni di diossine del 90% entro il 2005
1997	La IARC conferma che le diossine sono cancerogene per l'uomo

- 1997** Il Governo Giapponese fissa i limiti di rilascio totale di PCDD/F da inceneritori (**5 ng I-TEQ/kg** MPC trattato)
- 1998** L'OMS riduce la dose tollerabile giornaliera per uomo a **1-4 pg/kg peso**
- 2000** Nuova direttiva UE su incenerimento. Si conferma il limite alle emissioni di **0,1 ng/m³**
- 2001** Strategia comunitaria sulle diossine:
la dose tollerabile giornaliera è ridotta a: **2 pg/kg peso**

Di seguito, si riportano alcuni brani della Direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti e della Comunicazione della Commissione al Consiglio sulla Strategia Comunitaria sulle Diossine (2001)

Direttiva 2000/76/CE sull' incenerimento dei rifiuti.

- *Misure più restrittive dovrebbero ora essere adottate per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento di rifiuti urbani e le direttive attuali (89/369/CEE) dovrebbero pertanto essere abrogate.*
- *I valori limite stabiliti dovrebbero prevenire o limitare, per quanto praticabile, gli effetti dannosi per l'ambiente e i relativi rischi per la salute umana.*

COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL CONSIGLIO

Strategia comunitaria sulle diossine 2001/C322/02

«Sembra che le caratteristiche tossiche delle sostanze (PCDD/F) siano state sottovalutate: recenti dati epidemiologici, tossicologici e sui meccanismi biochimici, riferiti agli effetti sullo sviluppo cerebrale, sulla riproduzione e sul sistema endocrino hanno dimostrato che gli effetti delle diossine e di alcuni PCB sulla salute umana sono molto più gravi di quanto precedentemente supposto, anche a dosi estremamente ridotte».

La dose giornaliera tollerabile è fissata a: 2 pg/kg peso corporeo

I valori medi di diossine assunti giornalmente con la dieta, nell'Unione Europea, sono compresi tra:

1,2 e 3 pg/kg di peso corporeo.

In una parte considerevole della popolazione europea l'esposizione a diossine e a PCB diossino-simili supera la dose tollerabile settimanale.