

***Monitoraggio della qualità dell'aria nell'area  
circostante l'impianto di termovalorizzazione rifiuti  
FEA di Granarolo Emilia – Via del Frullo  
2° parte  
valutazione dell'impatto sulla salute***

**Bologna**  
Maggio 2007

**Hanno partecipato alla stesura del presente rapporto:**

**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente – Emilia Romagna**

**Sezione Provinciale di Bologna:**

**Eccellenza Cancerogenesi Ambientale**

Annamaria Colacci, Monica Vaccari, Stefania Perdichizzi, Wolfango Horn, Paola Silingardi

**Università di Bologna**

**Dipartimento Patologia Sperimentale, Sezione di Cancerologia**

Sandro Grilli, Maria Grazia Mascolo, Stefania Perdichizzi, Daniele Quercioli

**AUSL di Bologna**

**Dipartimento di Sanità Pubblica,**

**Area Epidemiologia, Promozione della Salute, Comunicazione del Rischio**

Vincenza Pierlangeli, Natalina Collina, Sara De Lisio, Corrado Scarnato, Paolo Pandolfi

<b>Indice</b>	
<b>Premessa</b>	<b>3</b>
<b>Caratterizzazione tossicologica PM 10 e PM 2.5 mediante modello BALB/c 3T3</b>	<b>7</b>
<i>Razionale</i>	7
<i>Metodologie: il modello BALB/c 3T3</i>	7
<i>Risultati</i>	8
<b>Valutazione di impatto sanitario</b>	<b>9</b>
<i>Razionale</i>	9
<i>Metodologie</i>	9
<i>Risultati</i>	9
<b>Valutazione e stima dei rischi.</b>	<b>11</b>
<i>Razionale</i>	11
<i>Metodologie</i>	11
<i>Risultati</i>	11
<b>Conclusioni</b>	<b>12</b>

## Premessa

Lo studio relativo all'impatto sanitario del nuovo inceneritore-termovalorizzatore del Frullo a Granarolo Emilia, è stato condotto nell'ambito del "Secondo protocollo d'intesa tra la Provincia di Bologna, i Comuni di Castenaso e Granarolo dell'Emilia, Arpa di Bologna, AUSL di Bologna, Università di Bologna e FEA S.r.L. e si ricollega direttamente al piano di monitoraggio ambientale i cui risultati sono stati descritti nella dettagliata relazione presentata pubblicamente a ottobre 2006.

Questo studio è stato condotto per comprendere i possibili rischi per la salute derivanti dall'esposizione a contaminanti ambientali direttamente correlabili all'impianto di incenerimento.

Diversi sono gli strumenti utilizzabili per descrivere i rischi derivanti dall'esposizione umana a contaminanti ambientali, ma resta difficile individuare le relazioni causa-effetto riferite a una sorgente puntuale di eventuale contaminazione e discernere nell'ambito di una miscela complessa, come quella dell'aria, l'origine di contaminanti che hanno più di una sorgente in comune.

Nell'ambito di questo studio si è scelto di utilizzare gli strumenti propri della valutazione del rischio che sono quelli che riescono a fornire le informazioni più dettagliate e più utili ai fini decisionali.

La valutazione del rischio sanitario, e in particolare la valutazione del rischio cancerogeno, si basa sulla acquisizione di una serie di dati che possano descrivere il profilo tossicologico della molecola o della miscela complessa, gli scenari di esposizione e la conseguente interazione tra contaminante/i e recettore, per valutare, infine, gli effetti derivanti da questa interazione.

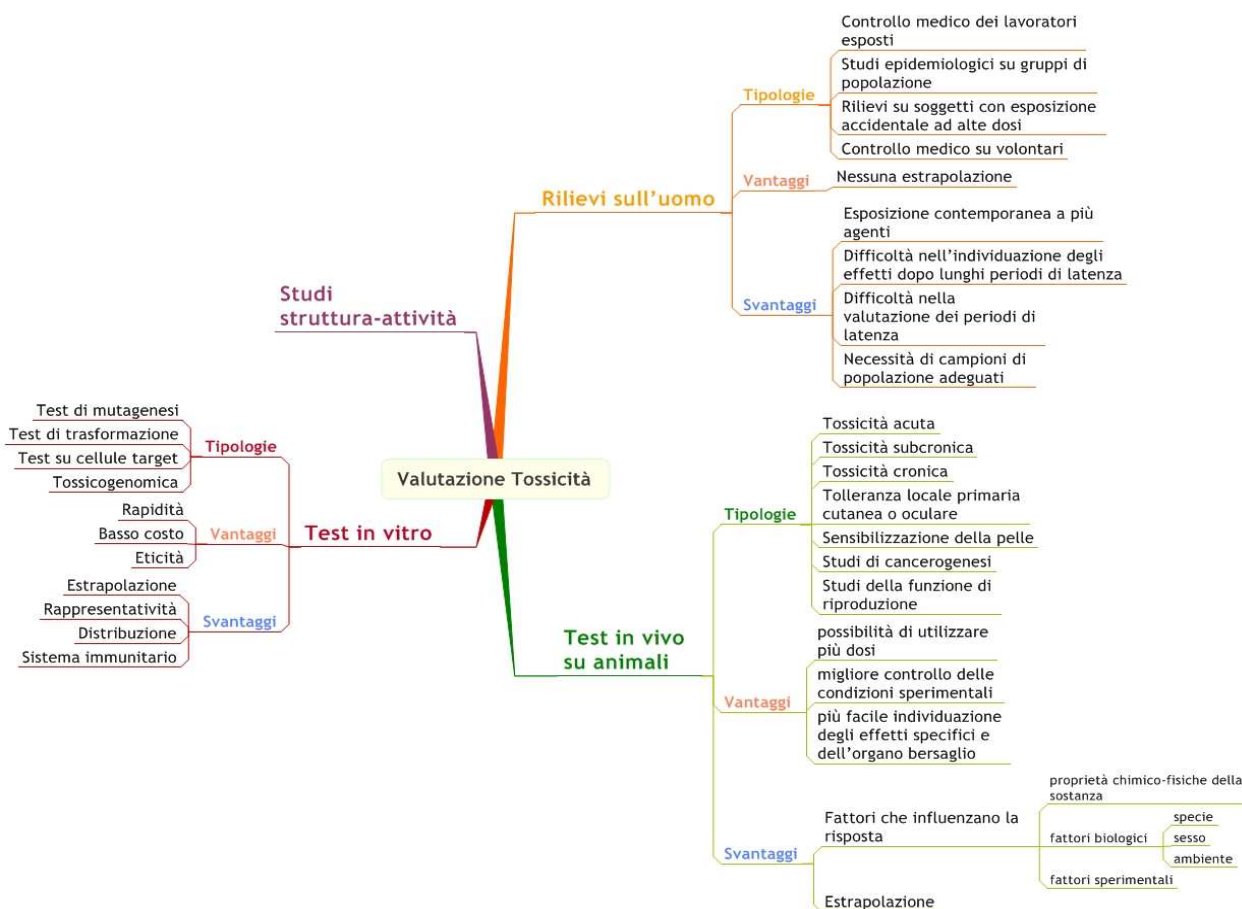
Il livello di predittività dei dati che possono essere raccolti vede in primo luogo l'utilizzo degli studi di epidemiologia che sono gli unici a descrivere, senza necessità di estrapolazione, la relazione causa-effetto sulla salute umana (Tabella 1). In assenza di questi, o in aggiunta ad essi, per la valutazione del rischio sono stati storicamente e largamente utilizzati gli studi sull'animale. Generalmente, sono presi in considerazione gli studi nel roditore (ratto e topo), condotti secondo le buone pratiche di laboratorio, che, dunque, tengano conto di linee guida accettate a livello internazionale, e che possano fornire i dati di tossicità acuta, subcronica e cronica, i dati di cancerogenesi e i dati di tossicità riproduttiva. A questi studi in vivo, si sono affiancati, con importanza sempre più crescente, studi in vitro in colture cellulari e/o batteriche. Spesso questi studi sono articolati in batterie di test che prendono in considerazione differenti end-point, cioè differenti effetti specifici misurabili, in sistemi biologici a differente complessità. Gli studi di mutagenesi, per esempio, comprendono test rapidi e relativamente poco complessi, quali il test di Ames in batteri, e test più complessi e altamente predittivi, quali il test del micronucleo che può essere effettuato anche sull'uomo, mediante l'utilizzo di linfociti periferici (Figura 1).

La quantità di dati disponibili è inversamente proporzionale al livello di predittività per l'uomo. Pochi sono gli studi di epidemiologia, molti (ma non abbastanza) sono gli studi sull'animale, molti di più sono gli studi in vitro, soprattutto per quanto riguarda i test di mutagenesi. Questi ultimi, tuttavia, mettono in luce solo uno dei possibili meccanismi di azione attraverso cui un contaminante ambientale può determinare un rischio per la salute umana. Nell'ambiente, e non solo nelle aree più industrializzate, è sempre più preponderante la presenza di composti che non inducono mutazioni, ma perturbano l'equilibrio della cellula, alterando la stabilità dell'organismo, attraverso meccanismi definiti epigenetici, perché non alterano direttamente il materiale genetico. È pur vero che le malattie cronic-degenerative, e prime fra tutte il cancro, si sviluppano per un concorso di danni genetici e epigenetici. Tuttavia i composti non genotossici possono svolgere un ruolo determinante nella tossicità riproduttiva (induzione di aborti spontanei, malformazioni, sterilità). In assenza di dati epidemiologici, dunque, è necessario sviluppare test che siano in grado di predire il danno di molecole con meccanismi di azione diversi e che descrivano il processo multifasico di insorgenza della malattia. I test sull'animale possono fornire questo genere di risposta, ma offrono anche non pochi elementi

di confondimento soprattutto quando si parli di contaminanti ad azione ormono-simile, per i quali si possono realizzare meccanismi di risposta nell'animale difficilmente estrapolabili all'uomo.

**Tabella 1 - Disponibilità e livello di predittività delle informazioni disponibili ai fini della valutazione di rischio**

<b>Quantità informazione disponibile</b>	<b>LIVELLO 1</b>	<b>Studi epidemiologici</b>	<b>Correlazione con indice rischio</b>
	<b>LIVELLO 2</b>	<b>Studi a lungo termine nell'animale</b>	
	<b>LIVELLO 3</b>	<b>Saggi a medio termine in vivo e in vitro</b>	
	<b>LIVELLO 4</b>	<b>Test a breve termine di mutagenesi</b>	
	<b>LIVELLO 5</b>	<b>Tossicocinetica e tossicodinamica</b>	
	<b>LIVELLO 6</b>	<b>Relazioni struttura-attività</b>	
	<b>LIVELLO 7</b>	<b>Meccanismo d'azione</b>	
	<b>LIVELLO 8</b>	<b>Relazioni dose-risposta ed estrapolazioni basse dosi</b>	
	<b>LIVELLO 9</b>	<b>Valutazione esposizione umana a cancerogeni</b>	



**Figura 1 - Vantaggi e svantaggi correlati agli studi tossicologici per la predizione di rischio**

La complessità di questo approccio diventa ancora più evidente quando si cerca di studiare una matrice complessa come l'aria che comprende composti ad attività mutagena (genotossici) e composti ad attività epigenetica (non genotossici o promoventi) le cui interazioni possono determinare effetti additivi o sinergici ai fini degli effetti sulla salute umana (Figura 2). D'altro canto, se anche si avessero gli strumenti per valutare appieno l'entità e il significato di tali interazioni, sarebbe impossibile predire, su dati di letteratura, quello che possa essere il rischio derivante dall'esposizione a una matrice dinamica come l'aria, su cui agiscono fattori di pressione di volta in volta differenti.

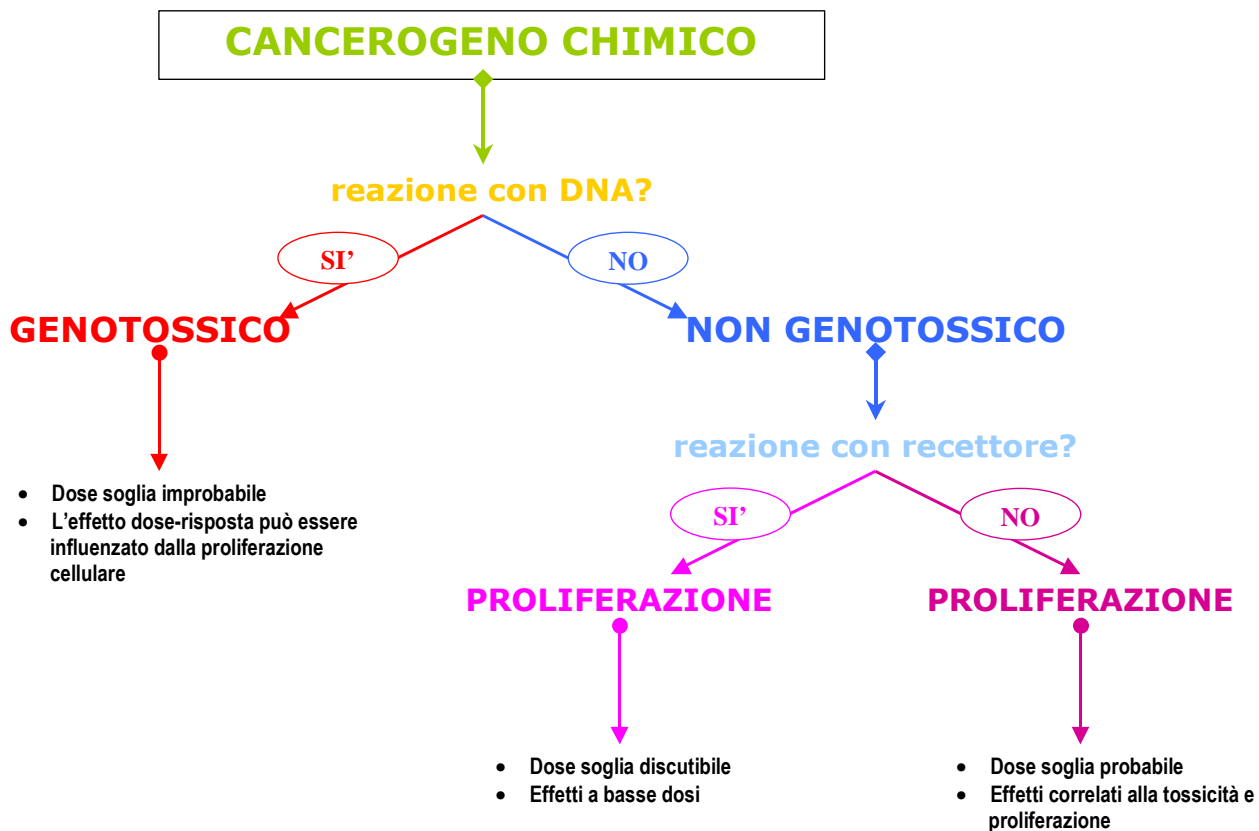
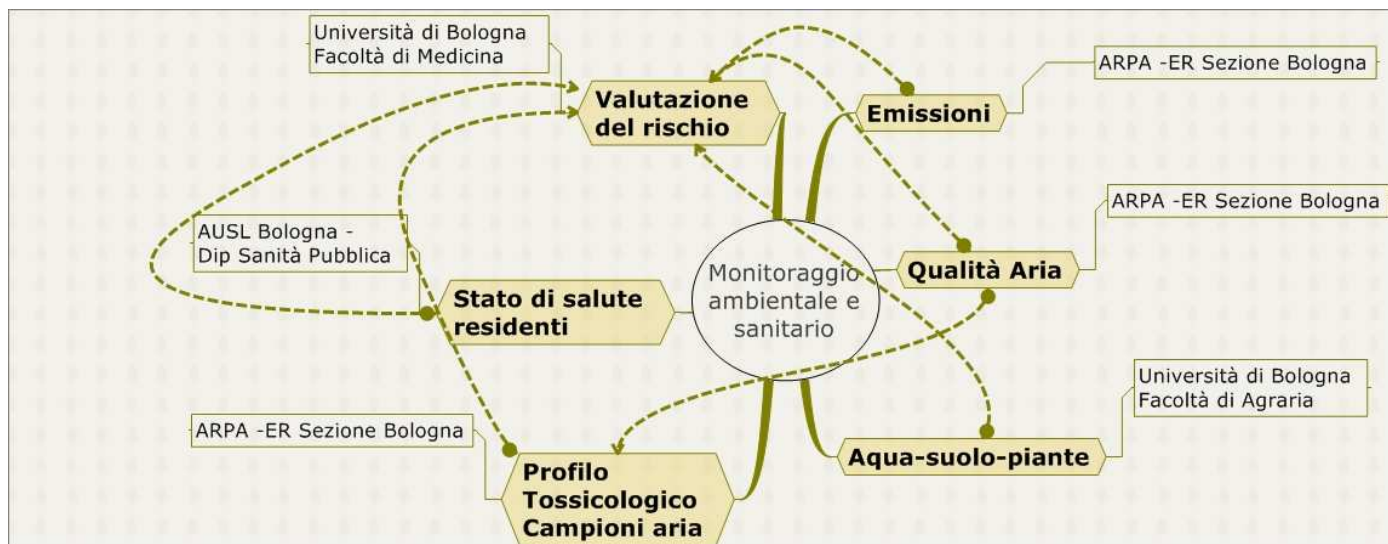


Figura 2 - Natura del danno indotto da contaminanti chimici

Nasce, così, l'esigenza di studiare per ogni situazione di eventuale contaminazione ambientale le sorgenti di possibile esposizione, applicando a tale studio gli strumenti più adatti a mettere in luce la complessità del problema.

Tenendo conto di queste premesse, per valutare i possibili effetti derivanti dall'esposizione alla ricaduta generata dall'impianto di incenerimento-termovalorizzazione sono stati eseguiti studi epidemiologici mirati alla popolazione residente nei comuni di Granarolo e Castenaso e studi tossicologici su campioni di aria prelevati nei siti identificati (e più avanti elencati) e sui quali era già stata eseguita la caratterizzazione chimica (Figura 3).

I dati ottenuti in questi studi, assieme ai dati di quantificazione e caratterizzazione chimica e ai dati ottenuti nell'analisi dei suoli, sono stati analizzati alla luce dei dati riportati in letteratura, in una ampia valutazione del rischio in grado di quantificare la reale pericolosità eventualmente derivante dalla attività del inceneritore-termovalorizzatore (Figura 3).



**Figura 3 - Monitoraggio e valutazione dell'impatto ambientale e sanitario dell'inceneritore-termovalorizzatore di Granarolo dell'Emilia**

# Caratterizzazione tossicologica PM 10 e PM 2.5 mediante modello BALB/c 3T3

Annamaria Colacci, Stefania Perdichizzi, Wolfango Horn, Paola Silingardi Monica Vaccari

## **Razionale**

Il particolato aereo rappresenta una miscela complessa comprendente composti chimici appartenenti a diverse classi e con differente meccanismo d'azione. La copresenza di più composti, interagenti tra loro, con possibili effetti sinergici o antagonisti, rende impossibile utilizzare dati da letteratura per ottenere le informazioni necessarie a delineare il profilo di attività e una conseguente stima del rischio per la salute, anche nel caso, fortuito e fortunato, che si riesca a stabilire quali e quanti siano i singoli componenti della miscela.

In base agli studi finora pubblicati, inoltre, non è possibile evidenziare differenze sostanziali tra il particolato di diversa origine e, per quanto riguarda specificamente gli inceneritori, non ci sono studi tossicologici che siano in grado di predire il rischio relativamente a questa fonte.

Per definire, dunque, dal punto di vista tossicologico, l'eventuale rischio correlato a una sorgente puntuale di possibile contaminazione, è necessario studiare specificamente la miscela complessa nella matrice ambientale interessata dalla sorgente.

Per il monitoraggio del inceneritore-termovalorizzatore di Granarolo (Bologna), si è dunque deciso di analizzare campioni di aria prelevati da cinque siti dell'area circostante.

I filtri relativi al particolato PM10 e PM2.5 sono stati sottoposti a estrazione per la caratterizzazione chimica e tossicologica.

## **Metodologie: il modello BALB/c 3T3**

Nell'ambito della valutazione del rischio da esposizione umana uno dei problemi maggiormente dibattuti è la qualità e la quantità di test necessari all'identificazione del potenziale cancerogeno e, più in generale, del profilo tossicologico dei contaminanti ambientali.

Questo è ancor più vero quando si considerano miscele complesse composte da più sostanze con meccanismi d'azione diversi, con percorsi metabolici differenti, interagenti tra loro con effetti sinergici o antagonisti.

Per lo studio del profilo tossicologico è stato utilizzato il modello BALB/c 3T3, un test di trasformazione cellulare che rappresenta un versatile e duttile strumento di screening di composti a possibile attività cancerogena.

Il test consente di studiare la potenzialità cancerogena di composti chimici, singoli o in miscele complesse, e di definire il ruolo che essi svolgono nel processo multifasico della cancerogenesi.

I siti esaminati sono stati:

- Sito A  
Villanova di Castenaso –sig. Piletti area industriale
- Sito B  
Quarto inferiore – asilo
- Sito C  
Castenaso via Frullo 31 – area agricola sig. Zanarini
- Sito D  
Castenaso via san Donato 2/2 – area cortiliva abitazione Sig. Rappini
- Sito E  
Bologna via Quarto di Sopra 6 – Chiesa di Quarto Superiore

I filtri sono stati raccolti in tre campagne di monitoraggio (estiva, autunnale, invernale). I campioni giornalieri di ogni campagna sono stati raggruppati in un unico campione rappresentativo del sito e della stagione e analizzati per vagliarne le proprietà tossiche e trasformanti e predirne, in questo modo, il potenziale cancerogeno. Questi due parametri sono stati studiati tramite due tipi di test. **Il test di citotossicità** ha il duplice scopo di identificare gli effetti tossici della miscela complessa in esame e di identificare le dosi che consentono una adeguata sopravvivenza delle cellule e che saranno utilizzate nei successivi test di trasformazione. **Il test di trasformazione** misura i danni cronici derivanti dall'esposizione delle cellule alla miscela complessa mediante la formazione di strutture cellulari maligne in tutto simili, per caratteristiche biomolecolari, a un tumore formatosi in seguito a cancerogenesi sperimentale nei roditori. I risultati ottenuti nelle piastre trattate con i campioni ambientali vengono confrontati con controlli negativi (bianchi non trattati) e controlli positivi (cellule esposte a noti cancerogeni)

## **Risultati**

I risultati hanno portato ad evidenziare che i campioni raccolti nei siti A, B e C, alla dose massima veicolabile nel modello prescelto, non inducono tossicità o trasformazione nelle campagne estiva e autunnale, ma mostrano una leggera positività nella campagna invernale. Questi valori, comunque, sono sostanzialmente simili a quelli registrati per l'aria urbana monitorata dalla centralina posta a Porta S. Felice – Bologna (per ulteriori dettagli vedi relazione allegata). I dati più eclatanti, invece, si riferiscono al sito E, un sito non interessato dall'attività del inceneritore-termovalorizzatore, e dove, peraltro, è stata riscontrata una elevata concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici. Tale sito era stato scelto, in quanto sopravvento rispetto all'inceneritore, come un bianco di riferimento per i campioni raccolti negli altri siti, interessati dall'attività dell'inceneritore-termovalorizzatore e da altri fattori di pressione.

L'obiettivo successivo all'analisi del potenziale tossico e trasformante dei singoli siti è stato la valutazione della risposta della linea cellulare BALB/c 3T3 ad uno spettro di dosi crescenti di alcuni dei campioni presi precedentemente in esame. Il modello BALB/c 3T3 è l'unico test di trasformazione cellulare convalidato che è in grado di mettere in evidenza le relazioni dose-risposta che sono fondamentali per la valutazione del rischio.

In particolare, sulla base dei dati ottenuti, si è deciso di utilizzare gli estratti dei siti relativi alla campagna invernale, contraddistinti da un contenuto maggiore di particolato rispetto agli estratti delle altre campagne. Nello specifico sono stati prescelti il sito C (Castenaso via Frullo 31 - area agricola Sig. Zanarini) ed E (Bologna – via Quarto di Sopra 6 - Chiesa di Quarto Superiore) che, come detto, presenta il quantitativo maggiore di particolato ed è risultato essere il più citotossico e trasformante. Il sito C pur mostrando un contenuto di particolato del tutto paragonabile a quello riscontrato nelle altre postazioni monitorate, risulta maggiormente in grado di indurre la comparsa di foci di trasformazione. I campioni raccolti nel sito C, sia su filtri PM2.5 che su filtri PM10 inducono tossicità e trasformazione correlata con la dose. Tuttavia, sono ancora i campioni raccolti nel sito E che sono molto tossici e inducono una estesa trasformazione cellulare. Il significato di questi risultati è stato analizzato nell'ambito della valutazione del rischio.

# Valutazione di impatto sanitario

Vincenza Perlangeli, Natalina Collina, Sara De Lisio, Corrado Scarnato, Paolo Pandolfi

## **Razionale**

Questo studio ha tenuto conto delle evidenze riportate in letteratura e riferite alle popolazioni residenti in aree limitrofe ad impianti di trattamento di rifiuti quali discariche e inceneritori.

Le attuali conoscenze scientifiche non consentono di stabilire con assoluta certezza una correlazione diretta tra impianto di trattamento e patologie osservate, tuttavia è riportato un incremento nella incidenza e nella mortalità correlata ad alcuni tumori (tratto gastrointestinale, esofago, polmone, fegato, rene, sistema linfatico) e alla tossicità riproduttiva (malformazioni congenite, aborti spontanei).

È anche vero che molti di questi studi sono riferiti a impianti obsoleti e dotati di vecchia tecnologia e quindi non sono sempre adatti ad indicare i rischi sulla salute da impianti tecnologicamente avanzati.

Con queste premesse è stato condotto uno studio descrittivo per indagare lo stato di salute della popolazione residente nei comuni di Castenaso e Granarolo dell'Emilia per valutare rischi eventualmente correlabili all'inceneritore-termovalorizzatore sito a Granarolo dell'Emilia in via del Frullo.

## **Metodologie**

Lo studio è stato condotto utilizzando i flussi informativi correnti disponibili, in particolare:

- Registro di Mortalità AUSL Bologna 1993-2005
- Registro Malformazioni Congenite Regione Emilia-Romagna 1982-2002
- Archivio delle Schede di Dimissione Ospedaliera aziendale (SDO) 1997-2003
- Iscrizioni in anagrafe per nascita 1992-2003 (Fonte ISTAT)

Lo studio di mortalità ha valutato le morti in seguito a patologie per cui gli studi di letteratura suggeriscono una possibile associazione con la residenza in prossimità di impianti di trattamento dei rifiuti. Queste stesse cause sono state esaminate per analizzare i dati dei ricoveri ospedalieri. Tutte le misure sono state standardizzate per evitare l'effetto confondente dovuto alla differente distribuzione nella popolazione studiata dell'età e del sesso.

Alcuni contaminanti che possono essere originati da impianti di trattamento di rifiuti hanno capacità di interagire con l'equilibrio ormonale degli essere viventi. A questi contaminanti che comprendono anche la diossina e che vengono definiti interferenti endocrini, sono stati ascritti effetti di tossicità riproduttiva e che vanno dalla induzione di sterilità (prevalentemente maschile), all'induzione di aborti spontanei fino ad arrivare a malformazioni congenite.

Per questo motivo sono stati analizzati i dati del Registro delle Malformazioni della Regione Emilia-Romagna (IMER) relativi ai residenti a Granarolo e a Castenaso ed è stata valutata se le anomalie osservate nelle aree oggetto dell'indagine si discostassero da quelle provinciali.

## **Risultati**

Tutti i parametri considerati non hanno evidenziato un incremento statisticamente significativo della mortalità per patologie che siano direttamente correlabili all'impianto di incenerimento. Rispetto ai tassi di ricovero (che rappresentano soltanto un indicatore di propensione ad accedere all'assistenza ospedaliera e non una stima dell'incidenza) si osservano incrementi nelle femmine per bronchite cronica in entrambi i comuni. Non emergono, rispetto all'intera Area di riferimento dell'AUSL di Bologna, differenze in termini di abortività, malformazioni congenite, numero di parti gemellari, basso peso alla nascita o inversione del rapporto alla nascita tra maschie e femmine

Va ricordato, tuttavia, che gli studi epidemiologici possono risentire di fattori di confondimento che rendono difficile discernere l'eventuale causa tra più fattori che possono concorrere a determinare lo stesso effetto. È questo per esempio il caso di patologie respiratorie, come la bronchite cronica, il cui aumento osservato nella popolazione femminile, può essere imputato a un fattore molto forte quale il traffico veicolare.

# Valutazione e stima dei rischi.

Sandro Grilli, Maria Grazia Mascolo, Stefania Perdichizzi, Daniele Quercioli

## Razionale

La valutazione del rischio è una procedura che, attraverso modelli standardizzati e validi a livello internazionale, riesce a descrivere relazioni di causa-effetto riferite a definiti scenari espositivi e a predire l'incremento del rischio di patologie nel tempo.

La valutazione è effettuata per ogni singolo composto, ma, come già detto in precedenza, non riesce a dare informazioni complessive sulle interazioni di più composti. Questa incertezza va ad associarsi al concetto di base che, sfortunatamente, non esiste un rischio zero e che, quindi, nel valutare i pericoli correlati ad una determinata esposizione, bisogna considerare il rischio accettabile e possibilmente scendere a quelle dosi di esposizione che riducano quanto più possibile il rischio a livelli non molto dissimili da quelli che si realizzerebbero in assenza dell'esposizione considerata. Per la valutazione del rischio cancerogeno, in particolare, l'atteggiamento più conservativo, adottato dall'Italia, è quello di considerare come rischio trascurabile un incremento nella incidenza dei tumori non superiore a 1 su 1.000.000.

## Metodologie

Per la valutazione di rischio sono stati considerati tutti i dati prodotti in questa campagna di monitoraggio e i dati di letteratura di riferimento.

Sono stati, dunque, presi in considerazione

- a) le emissioni dal camino
- b) la concentrazione di vari contaminanti nell'aria
- c) la contaminazione da metalli pesanti di suolo, vegetali e acque meteoriche e di lavaggio dei vegetali prelevati nei siti identificati
- d) i risultati ottenuti nei test in vitro di tossicità e di trasformazione cellulare nel modello BALB/c 3T3
- e) l'impatto sanitario mediante comparazione con lo stato di salute della popolazione rilevato dall'ASL di Bologna

Le procedure analitiche per la valutazione del rischio sono state quelle ampiamente descritte in letteratura che prevedono:

- per i composti non genotossici (anche definiti non cancerogeni) l'uso dei livelli di dose accettabile giornaliera (ADI) o dose tollerabile giornaliera (TDI) ricavata da studi di tossicità generale e di tossicità riproduttiva. Da tali studi si ricava la dose alla quale non sono osservati effetti indesiderati (avversi). Tale indice, definito NOAEL, viene corretto per un fattore di sicurezza, variabile da 10 a 1000, a seconda della quantità e qualità di dati disponibili. Tale calcolo fornisce l'ADI.
- per i composti cancerogeni il calcolo dell'unità di rischio (UR), cioè dell'incremento di incidenza di tumori atteso in una data popolazione in seguito a esposizione giornaliera e per l'intera durata della vita a una dose unitaria di cancerogeno. L'UR è, poi, moltiplicata per l'effettiva esposizione. L'UR si ricava, generalmente, dai dati di sperimentazione animale, mediante l'uso di modelli matematici di calcolo. Un approccio messo a punto dalla Agenzia di Prevenzione Ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) prevede il calcolo dello Slope Factor (SF). SF si ricava da una curva sperimentale dose-risposta che mostri la concentrazione a cui si ottiene il 10% degli effetti attesi (benchmark dose).

## Risultati

L'analisi non ha portato a identificare incrementi di rischio correlati all'attività dell'inceneritore-termovalorizzatore e ha invece mostrato come il nuovo impianto di smaltimento dei rifiuti riduca l'impatto

dei contaminanti nell'aria e quindi sostanzialmente evidenzia, come la nuova generazione di inceneritori termovalorizzatori sia più sicura dei vecchi impianti.

In particolare:

le emissioni del nuovo impianto non producono incrementi, anzi sono diminuite rispetto a quelle del vecchio impianto per cui nessun effetto sanitario incrementale è atteso (il decremento in diossine è un buon indicatore del processo modificato in senso positivo per lo smaltimento dei rifiuti).

- 1) Le emissioni del nuovo impianto risultano fortemente diminuite rispetto a quanto registrato nella I campagna di monitoraggio, per cui non è atteso alcun incremento di patologie correlabili a questo tipo di inquinanti. Specificamente, il drastico decremento delle diossine offre un parametro-indicatore di quanto la nuova tecnologia abbia migliorato l'impatto ambientale del processo di smaltimento dei rifiuti. Anche altri parametri quali acido cloridrico, monossido di carbonio, ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) e polveri sono diminuiti, mentre restano stazionari l'acido fluoridrico e il mercurio. Questo quadro è indicatore di un miglioramento della qualità dell'aria
- 2) le misurazioni della qualità dell'aria non danno particolari problemi di incrementi di inquinanti e di effetti avversi sulla salute. Solo nel periodo autunnale e, maggiormente, in quello invernale, quando il riscaldamento aumenta di molto il fondo ambiente, si nota nel sito E un incremento enigmatico di concentrazioni nell'aria di PM<sub>10</sub> e idrocarburi policiclici aromatici (per altri parametri il sito E è tra i meno inquinati). Si nota, rispetto alla I campagna di monitoraggio, un incremento di NO<sub>x</sub>, sebbene nei limiti richiesti dalla legge, che porta ad una stima di eccesso di patologie respiratorie e cardiovascolari. Tuttavia, bisogna ricordare che i dati di letteratura concordano nel ritenere che gli ossidi di azoto siano un indicatore del traffico veicolare. Bisogna, dunque, agire su questo fattore di inquinamento per poter operare una riduzione dei rischi.
- 3) i metalli pesanti e i microelementi nel sistema acqua-suolo-piante sono stati analizzati in dettaglio e sono state operate stime di rischio per scenari espositivi che, tuttavia, risultano irrealistici e che, quindi, non pongono alcun rischio effettivo per l'uomo. Ancora in confronto alla precedente campagna di monitoraggio si nota una diminuzione nel suolo di diossine, piombo, mercurio e cadmio e un lieve, ma irrilevante dal punto di vista sanitario, incremento di zinco e cromo.
- 4) il modello BALB/c 3T3 evidenzia un profilo tossicologico preoccupante solo per il sito E, in particolare, durante la stagione invernale.
- 5) la sorveglianza sanitaria spletata sulle patologie neoplastiche umane dall'AUSL non evidenzia ora, come nella precedente campagna, eccessi di neoplasie nei comuni di Granarolo dell'Emilia e di Castenaso rispetto alla popolazione standard di riferimento. Il principio di precauzione può suggerire la continuazione di tale sorveglianza sanitaria per i motivi prima esposti.

## Conclusioni

Lo studio di impatto sanitario condotto nell'ambito della campagna di monitoraggio del nuovo inceneritore-termovalorizzatore del Frullo a Granarolo Emilia, non ha evidenziato effetti sulla salute umana che siano riconducibili all'attività dell'impianto. Si è rilevato, invece, un miglioramento dell'impatto ambientale del nuovo impianto rispetto all'impianto dismesso. Tuttavia, la complessità dell'argomento e la scarsità di dati di confronto a livello internazionale richiedono di approfondire, anche alla luce dei nuovi approcci di studio e delle nuove tecnologie, l'eventuale impatto ambientale e sanitario degli inceneritori. Per questo, accanto ad un piano di monitoraggio continuo dell'inceneritore-termovalorizzatore di Granarolo dell'Emilia, è stato previsto l'inserimento di tale impianto in un più ampio progetto di ricerca regionale, in fase di esecutività e di durata triennale, che potrà consentire un approfondimento di tutte le problematiche affrontate, incrementerà il numero delle informazioni e permetterà a una migliore valutazione e caratterizzazione dei rischi.