

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE  
LAUREA SPECIALISTICA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali

TESI DI LAUREA

in

Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie

L'impatto socio-sanitario e ambientale degli impianti di  
termovalorizzazione dei rifiuti urbani

CANDIDATO

Marino Paolo Marani

RELATORE:

Prof.ssa Alessandra Bonoli

---

Anno Accademico 2010-2011

Sessione I



# Indice

- 1 Introduzione
- 2 La Valutazione d'Impatto sulla Salute (V.I.S.)
  - 2.1 I valori guida e la multidisciplinarietà
  - 2.2 Le fasi
- 3 Il Termovalorizzatore di Bologna
  - 3.1 Inquinanti nelle emissioni a camino
  - 3.2 Inquinanti nel territorio
    - 3.2.1 Concentrazione di inquinanti nell'aria
    - 3.2.2 Analisi di acqua-suolo-vegetali
  - 3.3 Impatto sanitario
- 4 Il Termovalorizzatore di Coriano (Forlì)
  - 4.1 Analisi socio-sanitaria
  - 4.2 Analisi sul sottoinsieme dei residenti da almeno 5 anni
  - 4.3 Analisi per livello di esposizione
  - 4.4 Analisi con aggiustamento per livello socioeconomico del livello di esposizione
- 5 Raffronto sui dati di emissione dei termovalorizzatori Hera dell'Emilia-Romagna
- 6 I limiti di legge e il particolato fine
- 7 Conclusioni
- 8 Bibliografia

## 1 Introduzione

Si parla di sicurezza per la salute umana riguardo l'esposizione a sostanze potenzialmente tossiche e in grado di causare patologie nella popolazione, quando si può fondatamente prevedere che determinate dosi giornaliere non provocheranno effetti sanitari negativi. Tali valutazioni vanno compiute valutando sostanza per sostanza, tenendo presente la problematica aggiuntiva dell'interazione tra composti, che combinati tra di loro possono dare luogo ad effetti additivi, competitivi o moltiplicativi rispetto agli effetti individuali. Per comprendere queste interazioni si fa riferimento alla letteratura che da informazioni su alcune di essere a bassi dosaggi. Per quanto riguarda il concetto di sicurezza appena definito, non si fa riferimento a una condizione di "rischio zero", per definizione impossibile tossicologicamente parlando, quanto alla riduzione del rischio sotto una soglia convenzionalmente accettata come sufficientemente bassa.

Possiamo classificare le sostanze, in questo ambito, in sostanze portatrici di effetti mutageni e cancerogeni, e sostanze prive di tali effetti. Queste ultime comprendono categorie che hanno effetti tossici generali e per la fertilità o sviluppo, e lo studio della loro pericolosità si compie con la determinazione di parametri denominati *dose giornaliera tollerabile (TDI)* o *dose giornaliera accettabile (ADI)*. Questi due valori si avvalgono della medesima metodologia ma si riferiscono a fenomeni diversi: si usa il termine "accettabile"

riferendosi a una sostanza intenzionalmente aggiunta, come nel caso di un conservante (una sostanza quindi con funzione utile i cui eventuali effetti negativi vanno verificati al fine di contenerli); si usa al contrario il termine tollerabile quando si parla di sostanze indesiderate, ad esempio un inquinante, in situazioni di ineliminabilità.

In entrambi i casi, il valore di tale dose giornaliera viene determinato più frequentemente da dati di vaste sperimentazioni su diverse specie animali, e scegliendo la dose massima che può essere somministrata senza che possano essere apprezzati effetti tossici: tale valore è denominato NOAEL, acronimo di *No Observable Adverse Effect Level*, traducibile come “dose senza effetti avversi osservabili”. Nell'applicare questo valore all'uomo viene garantito un ampio margine di sicurezza, con una diminuzione della NOAEL di un fattore di sicurezza (FS) pari usualmente a 100: sono infatti considerati due aspetti di variabilità, uno riguardante l'estrapolazione di specie e l'altro le variabilità di un individuo rispetto alla media della specie di appartenenza, ciascuno costituente un fattore di 10. Per la loro formulazione quindi, i valori ADI e TDI non sono necessariamente fissi nel tempo, ma dipendendo da evidenze empiriche, a seguito di nuovi dati emergenti da più moderne sperimentazioni, devono subire conseguenti variazioni in aumento o diminuzione. Sono definite “sicure”, le esposizioni o dosaggi inferiori all'ADI o TDI. Al di sopra di questi valori, non si può garantire la sicurezza, anche se il superamento deve essere eclatante per determinare effetti tossici: la letalità, cioè l'effetto tossico massimo è osservabile a dosi decisamente molto alte rispetto alla NOAEL, anche perché per la sua formulazione comprendente il fattore di sicurezza 100, è necessario avere superamenti di almeno 2 ordini di grandezza superiori ad esso.

Va evidenziato inoltre che per l'estrema prudenza con cui è formulata la soglia, anche i superamenti di 2 ordini di grandezza possono non determinare alcun effetto tossico.

Nel caso delle sostanze mutagene e cancerogene invece, si utilizza una metodica probabilistica senza una soglia che sancisca l'inizio della pericolosità: a rischi estremamente bassi corrisponderanno effetti estremamente bassi ma comunque presenti. La pericolosità di una sostanza di questa categoria si misura, laddove i dati siano disponibili, riscontrando il numero di tumori in eccesso (rispetto ad esempio a zone limitrofe dove questa sostanza non sia rilevata) attesi entro una popolazione con una certa numerosità che assuma giornalmente a vita una dose unitaria del cancerogeno: sono dunque presenti un fattore *Unità di rischio* (UR) e uno *Esposizione* (E), il cui prodotto (UR \* E) fornisce la stima di rischio. L'unità di rischio, che definisce la pericolosità specifica del composto, è ricavato dai dati in genere sperimentali sui piccoli roditori utilizzando modellistiche matematiche linearizzate nell'ambito delle basse dosi e tali da dare incremento zero dell'effetto solo per la dose pari a zero. L'approccio Statunitense utilizza un parametro denominato *Slope Factor* (SP) che identifica la pendenza della relazione lineare tra dose e risposta e vale  $SP = 0,1/LED_{10}$ . E' da considerare come il parametro m della generica retta  $y = mx + b$ , con x dose ed y stima del rischio correlato. Il parametro  $LED_{10}$  è definito dalla letteratura Americana come "*The lower 95% confidence limit on a dose associated with a 10% extra risk*", cioè la dose di sostanza associata ad un aumento del 10% del rischio considerando un intervallo di confidenza che tiene conto della variabilità del campione in modo tale che si abbia un margine ragionevolmente certo che quell'intervallo contenga il valore vero della popolazione. SP identifica la pendenza della relazione lineare tra

dose e risposta e coincide con il parametro UR nel caso di assunzione orale (con unità di misura  $[\frac{mg}{kgp.c.}]$ ), mentre nel caso di inalazione è la premessa che consente di calcolare l'UR (a partire da una concentrazione di sostanza per metro cubo  $[(\frac{mg}{m^3}) * (\frac{30m^3}{die})/60 kg]$  dove i  $30m^3$  rappresentano i volumi inalati da un adulto in 24h e 60kg il peso medio tra i 2 sessi di un adulto che sviluppato porta ancora a  $[\frac{mg}{kgp.c.}]$ ). Le agenzie federali statunitensi *Environmental Protection Agency* (EPA) e *Food and Drug Administration* (FDA), che hanno stabilito che un rischio in eccesso (causato da una determinata sostanza) inferiore a 1 tumore su 1 milione di esposti a una determinata dose di un singolo agente per tutta la vita è trascurabile per la popolazione generale; analogo principio è valido per l'Italia sebbene non ci sia analogia chiarezza sulla quantificazione di questo rischio. L'Organizzazione mondiale della Sanità (WHO) da come linea guida un dosaggio a cui sia associato un rischio di 1 su 100.000, lasciando naturalmente libertà di decisione ai singoli governi.

Per quanto riguarda invece gli effetti dovuti all'interazione tra più sostanze tossiche contemporaneamente presenti, va analizzato l'effetto sinergico delle interazioni. Nel caso dei diversi Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), diossine e quei Policlorobifenili (PCB) che agiscono come le diossine, il recettore Ah comune a tutti non consente che tali fenomeni si verificino e media i loro effetti, sono attese competizioni e per cautela gli effetti singoli vengono sommati. Sinergie sono state documentate nell'uomo in situazioni di esposizioni molto alte, spesso legate all'occupazione, per esempio tra fumo ed esposizione al radon nelle miniere di uranio; a livello sperimentale i pochi dati ottenuti da animali indicano che tali sinergismi tendono a svanire a dosi molto

basse. In alcuni casi si sceglie semplicemente di considerare diverse fonti scegliendo tra le più attendibili, per i cancerogeni non mutageni e per esposizioni molto basse, per esempio al DDT, si può adottare l'approccio TDI e non quello probabilistico.

I parametri che influenzano la presenza di queste sostanze e i loro effetti sono rilevabili nelle seguenti fasi:

- 1) Monitoraggio delle emissioni a camino
- 2) Concentrazione dei contaminanti nell'aria
- 3) Presenza di metalli pesanti nel suolo, vegetali e acque meteoriche e di lavaggio dei vegetali
- 4) Prove in vitro di tossicità e di trasformazione cellulare dei contaminanti raccolti in filtri durante il periodo cumulativo delle misurazioni della contaminazione dei siti campione e la definizione delle relazioni dose-effetto per stimare la portata dell'effetto in un sistema biologico molto sensibile
- 5) Comparazione con lo stato di salute della popolazione rilevato dall'ASL Bologna

## **2 La valutazione d'impatto sulla salute (V.I.S.)**

Ad ogni iter decisionale che anticipa la costruzione di un impianto, uno stabilimento industriale, una strada etc.. serve, anche in un'ottica di dialogo e trasparenza verso la parte di popolazione coinvolta, potere disporre di dati preliminari su quali effetti avrà tale opera nel contesto in cui verrà collocata. In tal senso, come supporto alla pianificazione e alle decisioni, è stato sviluppato un metodo denominato V.I.S. in ambito sanitario da esperti in sanità pubblica. Questo metodo utilizza metodi quantitativi e qualitativi combinati con rilevazioni in ambito epidemiologico e di valutazione del rischio: è quindi evidente la molteplicità delle discipline coinvolte e utilizzate in sinergia, a partire dall'ambito medico per arrivare a quello delle scienze sociali, provando a coinvolgere e tenere nella giusta considerazione i vari stakeholder, primi tra i quali i cittadini. Questo strumento di supporto si propone quindi di influire sulle scelte di pianificazione che già vertono su parametri finanziari, ingegneristici e valutazioni politiche. *In estrema sintesi bisogna fondere il ciclo delle azioni di sanità pubblica con il ciclo del percorso decisionale, e farlo all'interno di un processo di pianificazione.*

La cosiddetta sindrome N.i.m.b.y. rende questi iter complessi sempre più importanti e necessari, soprattutto quando ci si occupa di gestione dei rifiuti o incenerimento, tematiche che spaventano molto l'opinione pubblica non sempre in maniera infondata: fondere il ciclo delle azioni di sanità pubblica con il ciclo del percorso decisionale, e farlo all'interno di un processo di pianificazione è una tentativo di risposta

non banale a queste esigenze. L'obiettivo è dunque di contribuire alla formazione di conoscenze consolidate e condivise su cui basare le decisioni. Il riferimento di partenza della VIS è il documento di consenso elaborato nel 1999 dall'*European Centre for Health Policy*, secondo cui *“La Valutazione di Impatto sulla Salute è una combinazione di procedure, metodi e strumenti con i quali si possono stimare gli effetti potenziali sulla salute di una popolazione di una politica, piano o progetto e la distribuzione di tali effetti all'interno della popolazione”*. Tale percorso deve prevedere delle fasi non banali: la consultazione di tutti i soggetti potenzialmente coinvolti in un'ottica di dialogo, il coinvolgimento dei decisori e la richiesta di assunzione di responsabilità, l'esame delle alternative esistenti per massimizzare gli effetti positivi e minimizzarne i negativi, la proposta di strumenti di valutazione e monitoraggio nel tempo degli effetti previsti. E' da osservare la multidisciplinarietà da cui queste fasi devono essere guidate, soprattutto nelle fasi operative.

## **2.1 I valori guida e la multidisciplinarietà**

Nel progettare una VIS, l'impulso iniziale che riguarda la preservazione dell'ambiente deve essere meglio definito e approfondito. Impostazioni diverse possono guidare verso l'inclusione di aspetti diversi o l'assegnazione di pesi diversi. Una forte attenzione all'equità porterà ad avere come obiettivo principale il diminuire le diseguaglianze di salute, individuate mediante delle determinanti sociali; un'impronta maggiormente basata sulla sostenibilità porterà ad esaminare in modo preferenziale l'uso del territorio, la conservazione delle biodiversità e il consumo di risorse. Visti gli esiti potenzialmente molto diversi che i valori alla base possono portare, la

VIS nasce con un obiettivo dichiarato e si propone di raggiungere gli scopi della valutazione basandosi su tali premesse. La VIS, ponendosi come obiettivo la salvaguardia e promozione della salute, si confronta con il dualismo individuo-comunità, offrendo criteri che dovrebbero ispirare la condotta pubblica e orientare le scelte politiche.

Uno degli aspetti più problematici riguarda il fatto che la conoscenza di fattori accertati di rischio che causano una malattia, molto spesso non determinano la certezza su quando e perchè tale malattia si presenterà in un individuo specifico per la natura probabilistica e non deterministica dell'associazione rischio-malattia. Appare quindi già evidente come tali studi richiedano di avvalersi di numerose e varie competenze come quelle in ambito epidemiologico, ambientale, medico, sociologico, statistico, di comunicazione etc.. il che, pur nella complicatezza del coordinamento, è senza dubbio un valore.

## **2.2 Le fasi**

Prima caratteristica necessaria è l'adattabilità, necessaria visto il vasto range di applicazione; a questo viene aggiunta la caratteristica di iteratività, che serve a rivisitare al termine di una fase, le fasi precedenti. La prima fase di valutazione preliminare può sembrare scontata, ma contiene fasi preparative come il coinvolgimento dei diversi stakeholder e la raccolta di documentazione che attesti la necessità dello studio. E' una fase che non è delimitata esattamente e spesso finisce per fondersi con la seconda: ad esempio la definizione dei fattori di rischio diventa il punto di partenza della fase di valutazione della portata. In questa seconda fase vengono esplicitati i valori di fondo (al fine di evitare i possibili equivoci citati in precedenza), il campo di interesse, i metodi di valutazione, gli

stakeholder coinvolti (enti locali, gestori degli impianti, rappresentanti dei cittadini etc.), le modalità di consultazione e il tipo di coinvolgimento e partecipazione, i tempi.

<b>Fasi</b>	<b>Obiettivi principali</b>
<b>VALUTAZIONE PRELIMINARE (screening)</b>	Decidere se la proposta richiede una VIS
<b>DEFINIZIONE DELLA PORTATA (scoping)</b>	Definire procedure e metodi per condurre la VIS, identificare portatori di interesse, coinvolgere i decisori
<b>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (impact assessment and appraisal)</b>	Identificare fattori di rischio e considerare le dimostrazioni dell'esistenza di possibili impatti sanitari
<b>ELABORAZIONE DI UN RAPPORTO CON RACCOMANDAZIONI (reporting and recommendations)</b>	Sviluppare una sintesi dei risultati in maniera adeguata a promuovere il coinvolgimento e la discussione con i decisori sulle misure da intraprendere.
<b>VALUTAZIONE DEL PERCORSO E MONITORAGGIO (evaluation and monitoring)</b>	Valutare il percorso realizzato e monitorare gli effetti sulla salute per la verifica dello stato di realizzazione delle raccomandazioni proposte ai decisori

Figura 1 - Le fasi

Deve essere messo in piedi un gruppo di coordinamento che se ne occupi, con particolare attenzione ad una composizione di membri che includano anche rappresentanze dei decisori, e che al tempo stesso siano un mix che non possa dare adito a critiche successive. Va anche specificato il tipo di VIS e lo stato attuale del progetto o opera da valutare (cioè se è già in opera, se è all'inizio o se è in ristrutturazione). Esistono infatti tre categorie di VIS, corrispondenti alle tre situazioni, definite rispettivamente Simultanea, Prospettica o Retrospettiva. Definiti questi aspetti, si passa alla fase successiva, che si propone di stimare quantitativamente e qualitativamente l'influenza sulla salute della popolazione. Si crea un profilo di salute della popolazione coinvolta, talvolta utilizzando dati preesistenti, e identificare i potenziali impatti sulla salute sia stimando l'entità del rischio diretto, più facilmente deducibile, sia quello indiretto. Il coinvolgimento equilibrato delle varie categorie di stakeholder

dovrebbe in questa fase garantire che ogni informazione utile in tal senso venga posta sotto esame. Al termine dell'iter, che varia a seconda del modello di VIS utilizzato, si redige un documento che a partire da riferimenti di letteratura scientifica, definisce delle problematiche prioritarie e fornisce indicazioni per gestirle. Questa parte viene poi sviluppata nella successiva fase, dove viene formalizzata e dove vengono evidenziate le prove documentali, indicate le principali difficoltà incontrate, delle criticità relative alle raccomandazioni suggerite, del livello di condivisione dei vari stakeholder. L'ultima fase contiene una valutazione generale, dove viene illustrato il percorso compiuto e con quali impatti di breve e lungo periodo. Può essere sviluppata la valutazione del processo svolto, anche rispetto agli obiettivi iniziali, rispetto ai partecipanti e alle modalità d'opera; una valutazione degli impatti con anche valutazioni di feedback e il successo o meno dei suggerimenti, anche per esempio laddove non siano stati adeguatamente recepiti. E' importante verificare se la VIS è stata accurata nella valutazione, se gli effetti positivi e negativi previsti si sono verificati e a che livello.

La VIS ha conosciuto sin dagli anni novanta una crescita teorica e metodologica, che ha portato a numerosi esempi di applicazione ed è oggi utilizzata soprattutto in Europa, ma anche in Nord America, Australia, Nuova Zelanda etc.. Nonostante la sua struttura adattabile, si può comunque ricondurle a 3 principali modelli operativi, che si basano sulla diversa accezione di salute considerata: i primi due in una prospettiva di valutazione degli effetti puramente biomedici, si può considerarla come assenza di malattia, mentre il terzo ha una prospettiva più ampia è assimilabile al concetto di qualità della vita.

### Modello anglosassone - Merseyside 1998



### Modello tedesco - Bielefelde 1999



Figura 2 - I 2 modelli di prospettiva stretta

### Modello Acheson - Londra 1998



Figura 3 - Il modello di prospettiva più ampia

### 3 Termovalorizzatore di Bologna

L'inceneritore della Provincia di Bologna si trova nel Comune di Granarolo dell'Emilia in una zona agricola con bassa densità abitativa. Nel 1971 iniziano i lavori di costruzione di un inceneritore con tre linee di smaltimento della potenzialità di 200 tonnellate al giorno di rifiuti ciascuna, completamente in funzione dal 1974.

In seguito al decreto Ronchi (decreto legislativo 22/1997) nel 2001 sono iniziati i lavori per l'adeguamento dell'impianto che è passato da tre a due linee di termocombustione. La nuova struttura è costituita da 2 linee di termocombustione parallele e indipendenti, che trattano ognuna 300 tonnellate al giorno di rifiuti (220.000 t/anno, di cui max 3.500 di rifiuti speciali), con recupero energetico attuato attraverso un impianto di cogenerazione.



Figura 4 - Inceneritore di via del Frullo

L'inceneritore è ora gestito da FEA (Frullo Energia Ambiente srl) che si è anche occupata della gestione del vecchio impianto (definitivamente chiuso) e dei lavori di ristrutturazione del nuovo inceneritore eseguiti dal 2001 al 2004. Dalla fine del 2005 FEA, essendo subentrata al costruttore, opera direttamente sull'impianto che smaltisce principalmente i rifiuti solidi urbani (RSU) ed in minor misura i rifiuti speciali non pericolosi ed i rifiuti sanitari della città di Bologna e dei Comuni limitrofi, oltre a produrre energia elettrica. La temperatura di combustione supera i 1000°C.

Dal 28/02/2006 è entrato in vigore il Decreto legislativo 11 maggio 2005 n°133 che sostituisce le attuali leggi sull'incenerimento dei rifiuti e rispetto al quadro di riferimento attuale introduce modifiche in tema di emissioni in atmosfera, tra le quali troviamo i criteri di valutazione dei dati delle emissioni rilevate in continuo.

La suddetta modifica in estrema sintesi consiste in:

1. rilevazione dei valori delle emissioni in continuo ogni 30 minuti;
2. introduzione di un nuovo criterio statistico di valutazione dei dati semiorari che consente una percentuale di superamenti dei limiti, su base annuale, non superiore al 3% di tutti i valori semiorari registrati per ogni singolo inquinante, a parte il CO;
3. per il CO, se non viene rispettato il limite di media semioraria sopra riportato in un periodo di 24 ore, occorre che sia rispettato il limite di 150 mg/Nm<sup>3</sup> per il 95% dei valori medi su 10 minuti.

Le seguenti sostanze:

- Ossido di Carbonio

- Polveri
- Carbonio organico totale
- Acido Cloridrico
- Acido Fluoridrico
- Ossidi di Azoto
- Ossidi di Zolfo

sono misurate in continuo con sonde calibrate ad intervalli regolari.

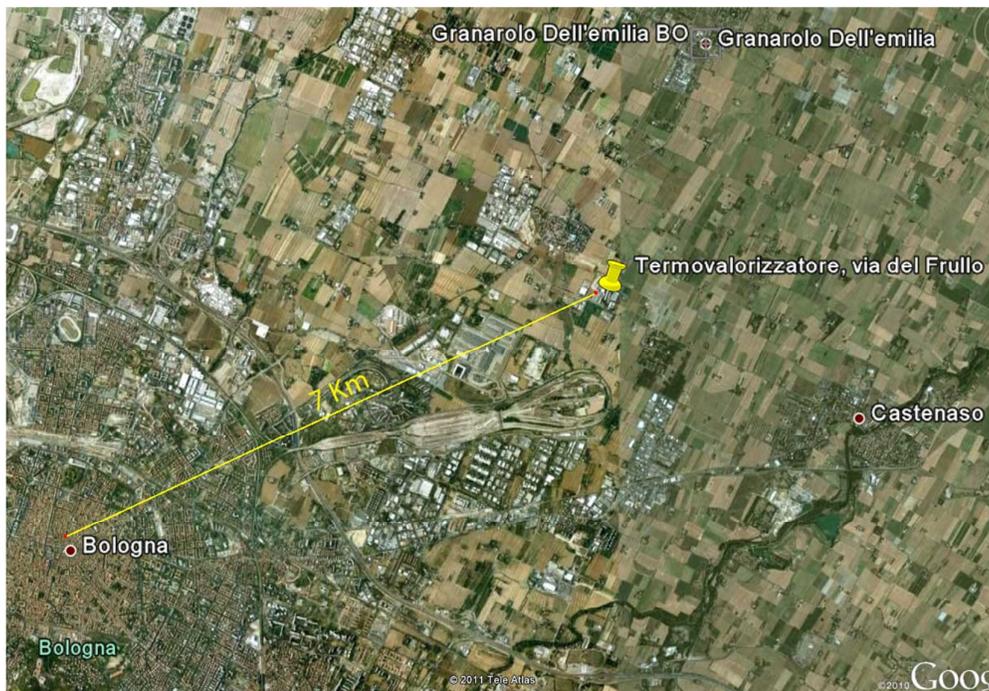


Figura 5 – Termovalizzatore di Bologna, collocazione geografica

### 3.1 Inquinanti nelle emissioni a camino

L'impianto di Granarolo è un caso degno di attenzione perché può da un lato vantare una grande capacità di smaltimento, e contemporaneamente, essendo stato rinnovato recentemente, risponde alle migliori tecniche disponibili richieste dall'autorizzazione integrata ambientale; è inoltre soggetto ai limiti della normativa della provincia di Bologna riguardo i principali inquinanti spesso ancor più restrittivi dei limiti nazionali (tab.1).

Inquinante	Abbreviazione	Limite Provincia di Bologna [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Limite Nazionale [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Polveri totali	PTS	5	10
Ossidi di Azoto espressi come NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	150	200
Ossidi di Zolfo espressi come SO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	25	50
Monossido di carbonio	CO	35	50
Carbonio organico totale	TOC	10	10
Diossina	TCDD	-	0,1x10 <sup>-6</sup>
Acido cloridrico	HCl	5	10
Acido fluoridrico	HF	1	1
Piombo	Pb	-	0,5
Cadmio	Cd	-	0,05
Mercurio	Hg	-	0,05

Tabella 1 – Limiti di legge sulle emissioni

Le quantità in mg/Nm<sup>3</sup> sono espresse in riferimento alle condizioni di normalizzazione dei risultati: significa che i risultati delle misurazioni effettuate per verificare l'osservanza dei valori limite di emissione sono normalizzati a condizioni convenzionali (temperatura 273 K, pressione 101,3 kPa, gas secco etc..).

L'analisi effettuata in proposito (Linea Progettuale 1, progetto Monitor) ha mirato ad acquisire informazioni qualitative e quantitative sulla distribuzione dimensionale delle particelle emesse, la caratterizzazione fisica, chimica e morfologica del particolato emesso suddiviso in fasce dimensionali, attraverso la determinazione di microinquinanti organici, metalli, anioni, cationi, analisi elementare, ricerca di metalli e diossine PCDD-PCDF in tracce nei residui prodotti dall'impianto e la raccolta di dati utili all'aggiornamento e implementazione del catasto delle emissioni per fini modellistici.

Ulteriori obiettivi dell'analisi sono di definire uno standard operativo per il controllo delle emissioni ai camini che tenga conto delle norme vigenti e delle cosiddette *Best Available Techniques* (BAT) attualmente disponibili; progettare e realizzare le attività di campionamento e analisi volte alla caratterizzazione del materiale particolato emesso dagli inceneritori rilevando parametri di interesse ambientale e sanitario non determinati attraverso i sistemi di monitoraggio in continuo installati a camino; osservare l'intero processo produttivo dell'impianto; quantificare il rilascio ambientale complessivo di inquinanti tossici in traccia.

Si è operato con due linee di campionamento, la prima (fig.6) finalizzata alla descrizione chimico-fisica, la seconda (fig.7) al conteggio delle particelle e alla raccolta di campioni per l'indagine morfologica.

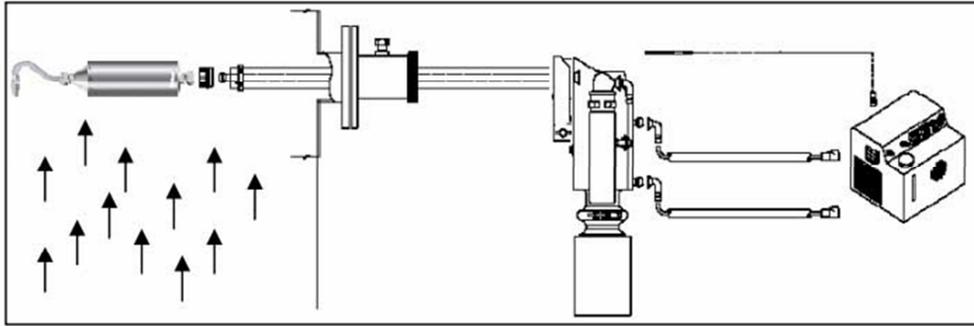


Figura 6 - Prima linea di campionamento

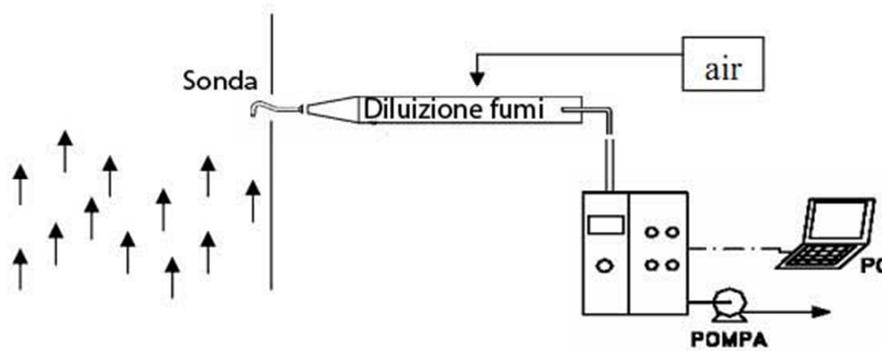


Figura 7 - Seconda linea di campionamento

La prima costituita da impattore a tre stadi per la raccolta del materiale suddivisi per dimensione ( $PM > 10\mu m$ ,  $10\mu m > PM > 2,5\mu m$ ,  $PM < 2,5\mu m$ ), sonda riscaldata con condensatore per la raccolta e utilizzo di resina per la cattura di microinquinanti incondensabili, la seconda da impattore per la raccolta, sonda di prelievo riscaldata, stadio di diluizione dei fumi. Per garantire la validità dei risultati si sono realizzati campionamenti di 48 ore consecutive, ognuno dei quali finalizzato a una analisi specifica, esecuzione di almeno 3 campionamenti per ogni indagine scaglionati nel corso di 2 mesi e campionamento di almeno 150 Nmc per i test di mutagenesi.

Dal	Al	Verbale	Linea Incenerimento N°	dato gravimetrico			dato in concentrazione (rif. 11%O2)			
				mg PM>10	mg PM 2,5-10	mg PM<2,5	mg/Nmc PM>10	mg/Nmc PM2,5-10	mg/Nmc PM<2,5	mg/Nmc PTS(*)
04-giu	06-giu	1 MONITER/2008	1	0,55	0,62	3,65	0,006	0,007	0,041	0,055
09-giu	11-giu	2 MONITER/2008	1	0,25	0,28	3,3	0,005	0,006	0,069	0,080
11-giu	13-giu	3 MONITER/2008	1	0,22	0,31	5,95	0,002	0,003	0,065	0,071
16-giu	18-giu	4 MONITER/2008	1	0,58	0,54	6,59	0,007	0,007	0,082	0,096
18-giu	20-giu	5 MONITER/2008	1	1,43	0,66	12,28	0,015	0,007	0,132	0,154
24-giu	25-giu	7 MONITER/2008	1	0,01	0,01	1,51	0,0003	0,0003	0,042	0,043
28-giu	30-giu	8 MONITER/2008	1	0,25	0,32	3,42	0,003	0,004	0,042	0,049
30-giu	02-lug	9 MONITER/2008	2	0,34	0,35	2,73	0,004	0,005	0,035	0,044
07-lug	09-lug	10 MONITER/2008	2	0,19	0,17	2,75	0,002	0,002	0,035	0,040
09-lug	11-lug	11 MONITER/2008	2	0,08	0,13	3,27	0,001	0,002	0,042	0,045
14-lug	16-lug	12 MONITER/2008	1	0,04	0,16	3,83	0,000	0,002	0,045	0,048
16-lug	18-lug	13 MONITER/2008	1	0,22	0,2	4,28	0,002	0,002	0,045	0,049
21-lug	24-lug	14 MONITER/2008	2	0,46	0,3	3,75	0,004	0,003	0,037	0,044
24-lug	25-lug	15 MONITER/2008	1	0,28	0,16	2,29	0,006	0,003	0,049	0,058

Figura 8 - Analisi gravimetriche sulle 3 classi granulometriche (Polveri Totali Sospese)

I valori di concentrazione di polveri rilevati (fig.8) risultano ampiamente sotto i limiti autorizzativi (pari a 10 mg/Nm<sup>3</sup> per la normativa nazionale, e 5 per quella provinciale) (fig.9), nonché in linea coi valori prestazionali degli impianti progettati e gestiti in conformità alle BAT descritte nei documenti tecnici normativi nazionali ed europei.

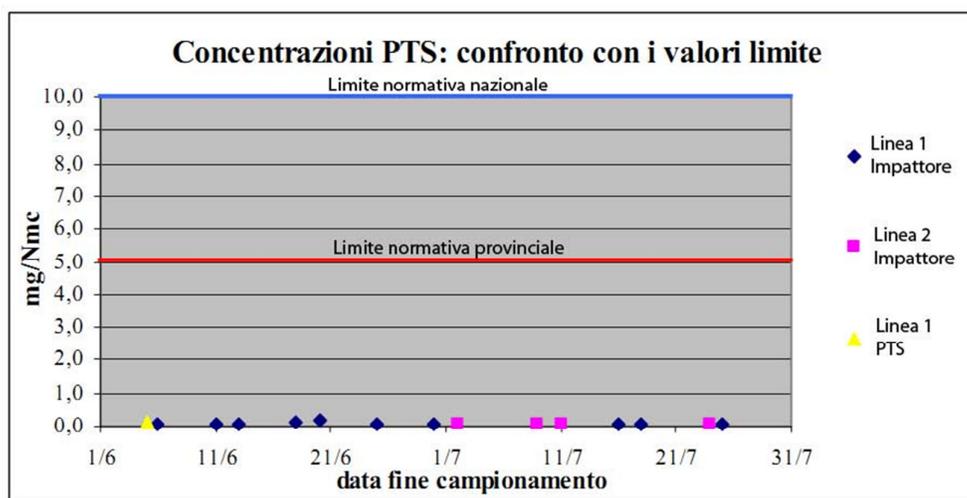


Figura 9 - Confronto tra valori rilevati e limiti di legge

Il particolato emesso risulta composto per la grande maggioranza da polveri con diametro inferiore a 2,5µm (fig.10), nella classe granulometrica più sottile delle 3 campionate. Le due linee di

incenerimento danno risultati analoghi in termini qualitativi e quantitativi delle polveri emesse.

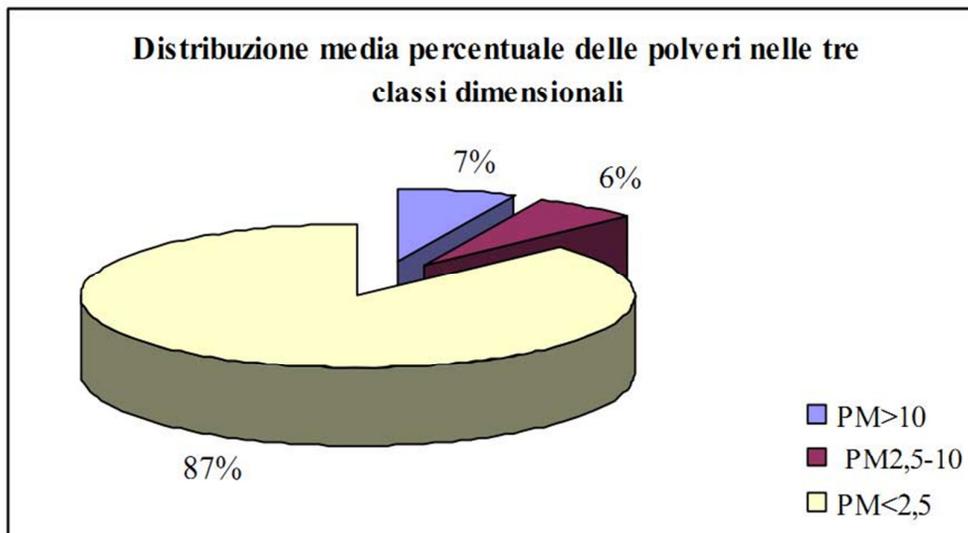


Figura 10 - Distribuzione media in classi granulometriche

Per quanto riguarda la rilevazione di diossine, sono state misurate le PCDD (policloro-dibenzo-p-diossine) e PCDF (dibenzofurano policlorurato, comunemente inclusi nella categoria delle diossine, pur essendo derivati del furano), con valori rilevati espressi in concentrazione tossica equivalente ampiamente inferiori ai limiti di legge.

Pgl-TE/Nm <sup>3</sup>	11-13/06/08	28-30/06/08	30/06-2/07	16-18/07/08
Conc.Tot.	0,318	0,278	0,348	0,268
Val.limite	100			

Tabella 2 – Valori medi rilevati di diossine e furani

Considerato che la percentuale di recupero è intorno al 30% si può stimare quantità emesse di PCDD e PCDF intorno ad 1pgl-TE/Nm<sup>3</sup>, sempre ampiamente al di sotto dei limiti normati, ed è abbastanza costante nei quattro campionamenti successivi. Tali diossine sono state recuperato in quantità trascurabili nella fase solida (polveri) mentre apprezzabili sono stati i contributi delle fasi cosiddette incondensabili e condensabili.

Per quanto riguarda i metalli (fig.11), i risultati riassunti delle concentrazioni riscontrate nelle varie fasi, accorpate in gruppi di metalli come previsto dal D.Lgs.133/05, risultano entro i limiti normati, ma si nota una grande variabilità delle concentrazioni nelle due rilevazioni, e presenza di metalli nei fumi emessi (fig.12).

	11 MONITER/ 2008 (µg/Nmc)	12 MONITER/ 2008 (µg/Nmc)	valore limite (µg/Nmc)
antimonio arsenico piombo cromo tot cobalto rame	104,5	18,2	500
manganese nichel vanadio			
	0,001	0,003	50
cadmio tallio			
	7,9	0,6	50
mercurio da gorg. specifici			

Figura 11 - Concentrazioni metalli

ASSENTI	PRESENTI		
	solo fase solida	solo fase gassosa	entrambe le fasi
berillio calcio vanadio cobalto arsenico selenio argento bario tallio	nichel rame stronzio cadmio stagno antimonio	alluminio cromo tot mercurio	manganese ferro zinco piombo

Figura 12 - Presenza metalli nella fase solida e gassosa

Ulteriori analisi su campioni sono avvenute per quanto riguarda i cosiddetti IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), con la tipologia

diossina simile in evidenza e i PCB (Policlorobifenili), i cui valori medi sono riportati nelle tabelle rispettivamente 3 e 4.

[ng/Nm <sup>3</sup> ]	11-13/06/08	28-30/06/08	30/06-02/07	16-18/07/08
WHO	0,065	0,094	0,058	0,032
Altri PCB	0,2	0,348	0,172	0,096
Totale	0,265	0,442	0,230	0,128
Limiti legge	//			

Tabella 3 – Valori medi rilevati di PCB diossina simile (WHO) e altri PCB

[ng/Nm <sup>3</sup> ]	11-13/06/08	28-30/06/08	30/06-02/07	16-18/07/08
Totale	10,530	7,940	2,020	1,720
Limiti legge	10000			

Tabella 4 – Valori medi rilevati IPA

Per quanto riguarda il carbonio, che nei limiti di legge è normato alla voce Carbonio Organico Totale (TOC), i valori medi che considerano sia i campioni solidi che quelli in condensa (tab.5), permangono in tutte le rilevazioni al di sotto del valore di 10mg/Nm<sup>3</sup> di legge (fig.13): si nota una preponderanza della componente in condensa rispetto ad ognuna delle classi granulometriche solide.

[µg/Nm <sup>3</sup> ]	Valori medi			
	>10µm	2,5-10µm	<2,5µm	Condensa
C	0,68	0,62	3,45	509,97
Limite legge (solidi+condensa)	10000			

Tabella 5 – Valori medi Carbonio

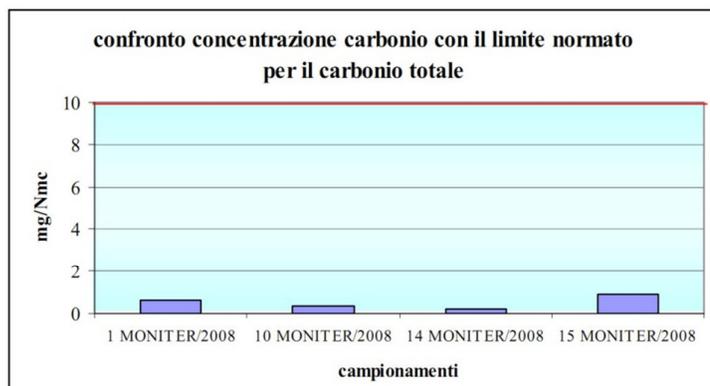
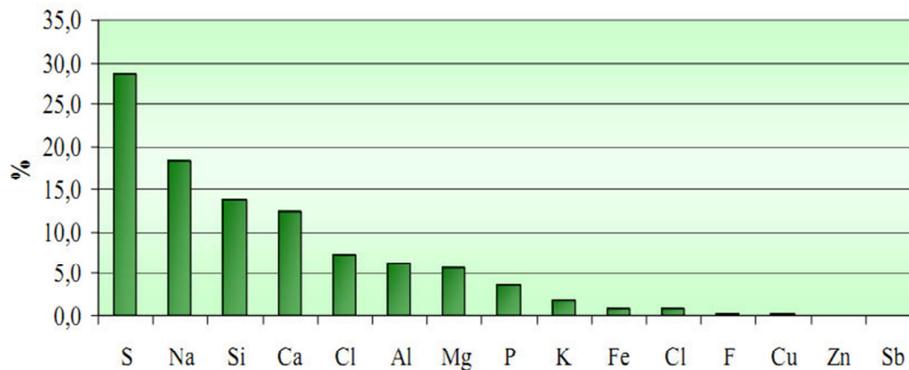


Figura 13 – Carbonio totale, confronto con limite normato

Da analisi EDX (*Energy Dispersive X-ray*), una spettroscopia fatta sui campioni sfruttando l'emissione di raggi x di tale microscopio, è stata

inoltre rilevata la presenza di diversi elementi chimici come zolfo, sodio, silicio e calcio, presenti in percentuali diverse in ogni stadio dimensionale. Queste analisi sono state svolte sia dall'agenzia ambientale della regione (Arpa), sia dal Politecnico di Milano (Polimi), con risultati parzialmente analoghi (fig.14).

### Campione ARPA



### Campione POLIMI

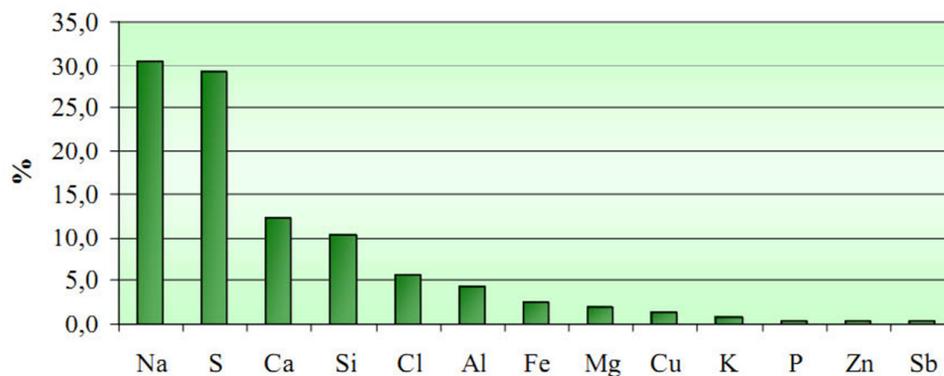


Figura 14 - Analisi elementi

Non è riportato il carbonio, visto che è presente praticamente in tutte le particelle, essendo l'elemento di cui è costituito il film della replica estrattiva usata per preparare il campione.

### 3.2 Presenza di inquinanti nel territorio

La raccolta di campioni e dati sulla presenza di sostanze anomale nei territori limitrofi all'impianto, avviene su una serie di punti prestabiliti della provincia di Bologna (fig.13).

Esistono due tipi di punti di campionamento, uno per il monitoraggio della qualità del sistema acqua-suolo-piante, e l'altro costituito dai punti di campionamento per il monitoraggio della qualità dell'aria. Rispettivamente sono indicati con numeri da 1 a 12 e lettere da A ad E nella mappa in figura.

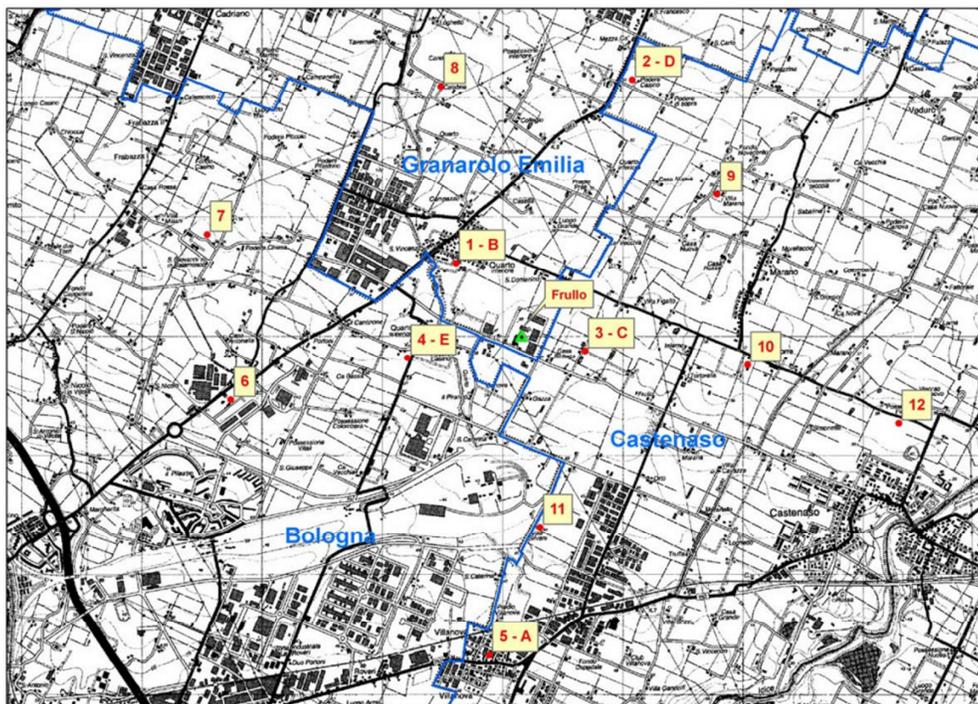


Figura 15 - Elenco dei punti di campionamento (1-12, A-E)

Numerose sono state le campagne di misurazione da parte di diversi istituti come ARPA e Dipartimento di Patologia Sperimentale dell'Università di Bologna.

### 3.2.1 Concentrazione di inquinanti nell'aria

Le stime presentate si riferiscono al valore totale misurato senza togliere il valore di fondo di una ipotetica località “bianco”, visto che l'influenza è ormai generalizzata anche oltre l'Emilia-Romagna. Per quanto riguarda gli inquinanti HCl e NO<sub>2</sub> è possibile anche confrontare valori più recenti con quelli di una campagna del 1999-2000 svolta su 4 siti (Tab.6).

[µg/m <sup>3</sup> ]	Campagna 1999-2000			Campagna 2005-2006	
Sito 1	estiva	autunnale	Sito B	estiva	Autunnale
HCl	2,78	0,46		4	<4
NO <sub>2</sub>	8,82	16,83		16	51
Sito 2			Sito D		
HCl	1,76	0,30		5	<4
NO <sub>2</sub>	11,72	18,34		12	22
Sito 6			Sito C		
HCl	0,66	0,22		<4	<4
NO <sub>2</sub>	14,47	19,3		17	24
Sito 7			Sito E		
HCl	3,44	0,22		7	<4
NO <sub>2</sub>	15,78	12,76		21	26

Tabella 6 – Confronti delle quantità rilevate di HCl e NO<sub>2</sub>

Mentre i primi due siti coincidono (1-B, 2-D) perché la numerazione A-B-C-D-E è quella di ARPA, gli ultimi due abbinamenti non sono perfettamente coincidenti ma sono comunque siti ragionevolmente vicini. Si nota un incremento, pur restando sempre al di sotto dei limiti legali sulla qualità dell'aria urbana, delle quantità di NO<sub>2</sub> da un valore minimo di 0,3 (12-11,72) a uno massimo di 34 µg/mc (51-16,83), incidenza solitamente attribuibile al traffico veicolare più che alle emissioni di un termovalorizzatore: l'incremento reale attribuibile alle singole fonti è di difficile valutazione anche per il valore di fondo esistente anch'esso attribuibile al traffico. Contemporaneamente si è

verificata grazie al cambiamento in combustibili e carburanti una diminuzione di SO<sub>2</sub>, che può compensare l'incremento precedente.

Per quanto riguarda gli IPA, i valori tossicologici e UR cancerogeno sono i seguenti.

Assunzione per via inalatoria:

-BaP, UR cancro =  $1,1 \times 10^{-3}/\mu\text{g}/\text{mc}$

-BaP equivalente, UR cancro =  $8,7 \times 10^{-5}/\text{ng}/\text{mc}$  (WHO, 2000)

UR cancro =  $1 \times 10^{-4}/\text{ng}/\text{mc}$  (CCTN,1991)

Assunzione orale:

-IPA totali, UR cancro =  $1,59 \times 10^{-5}/\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{die}$

-BaP, VSD (virtually safe dose) =  $5 \text{ ng}/\text{kg p.c.}/\text{die}$

-BaP+BaP equivalent, Livello senza rischi significativi =  $1 \text{ ng}/\text{kg p.c.}/\text{die}$

-BaP equivalenti, incremento rischio cancro =  $1 \text{ ng}/\text{kg p.c.}/\text{die}$  da rischio in eccesso di  $1 \times 10^{-5}$

-BaP,  $1 \text{ ng}/\text{kg p.c.}/\text{die}$  da eccesso di  $1,2 \times 10^{-5}$  secondo uno studio fatto in California nel 2005, mentre da eccesso di  $7,3 \times 10^{-6}$  secondo uno studio del 2006.

-Nell'acqua potabile, UR cancro =  $10^{-5}/\text{microg}/\text{l}$

-TDI antracene, fenatrene, naftalene o fluorene =  $0,04 \text{ mg}/\text{kg p.c.}/\text{die}$

-TDI benzo/g,h,i)perilene =  $0,03 \text{ mg}/\text{kg p.c.}/\text{die}$

	PTS			BaP		IPA tot		IPA tot BaP equiv	
	Tot	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
A	54	31	19	0,018	0,014	0,30	0,16	0,079	0,045
B	44	31	16	0,016	0,015	0,26	0,16	0,069	0,052
C	47	29	17	0,010	0,013	0,21	0,16	0,057	0,048
D	54	34	18	0,016	0,013	0,16	0,15	0,052	0,045
E	48	27	17	0,020	0,015	0,22	0,19	0,057	0,050

Tabella 7 – Campagna estiva ARPA: polveri in  $\mu\text{g}/\text{mc}$ ; BaP e IPA in  $\text{ng}/\text{mc}$

In Tab.7 sono riportati i valori della campagna di rilevazione estiva; nella conversione di IPA in BaP (Benzoapirene, un idrocarburo policiclico aromatico tra le prime sostanze di cui si è accertata la cancerogenicità) equivalenti si è tenuto conto della classificazione rispetto alla cancerogenesi secondo la IARC (*International Agency for Research on Cancer*, facente parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità), escludendo quindi fenatrene e perilene la cui oncogenicità è indimostrata. Il rischio di cancro per il solo BaP è circa  $2 \times 10^{-8}$  nel  $PM_{10}$ , per gli IPA totali espressi come BaP equivalenti circa  $8 \times 10^{-6}$  nei  $PM_{10}$ .

Nella campagna autunnale (Tab.8) si nota valori massimi per il sito E, in cui il rischio cancro in eccesso per il solo BaP ha il valore massimo nel  $PM_{10}$  di circa  $0,15 \times 10^{-6}$ , mentre per l'insieme degli IPa in BaP equivalenti l'eccesso ammonta a  $5,4 \times 10^{-5}$ . Relativamente al  $PM_{10}$  c'è rispetto ai valori presi come bianco di  $57 \mu\text{g}/\text{mc}$ , di  $6-8 \mu\text{g}/\text{mc}$  con effetti sanitari in eccesso paragonabili a quelli acuti che la letteratura riporta circa aumenti di  $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ . Questi consistono in un +4% della mortalità infantile per tutte le cause.

	PTS			BaP		IPA tot		IPA tot BaP equiv	
	Tot	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$
A	70	57	50	0,09	0,08	1,07	0,91	0,34	0,28
B	63	57	49	0,10	0,08	1,22	1,03	0,40	0,34
C	65	29	47	0,09	0,08	1,20	0,98	0,39	0,32
D	70	63	47	0,10	0,08	1,25	1,00	0,41	0,32
E	73	65	51	0,15	0,12	1,66	1,37	0,54	0,44

Tabella 8 – Campagna autunnale ARPA: polveri in  $\mu\text{g}/\text{mc}$ ; BaP e IPA in  $\text{ng}/\text{mc}$

	PTS			BaP		IPA tot		IPA tot BaP equiv	
	Tot	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
A	87	66	52	0,93	0,91	8,38	7,30	2,95	2,49
B	86	65	49	1,05	0,94	9,29	7,61	3,26	2,52
C	73	63	48	0,99	0,94	8,60	7,64	2,96	2,57
D	70	60	49	0,95	0,90	8,73	8,06	2,79	2,48
E	92	75	59	2,59	2,45	18,57	17,17	6,42	5,79

Tabella 9 – Campagna invernale ARPA: polveri in µg/mc; BaP e IPA in ng/mc

Anche nella campagna invernale (Tab.9) il sito E presenta valori superiori agli altri, questa volta in maniera decisa. L'eccesso di rischio per il solo BaP sul valore massimo di PM10 è circa  $2,8 \times 10^{-6}$  per il sito E mentre l'eccesso per IPA in BaP equivalenti sempre per il sito E vale circa  $6,4 \times 10^{-4}$ . Sono presenti valori paragonabili a quelli autunnali, nel caso del sito E appena dentro il valore di tolleranza in eccesso del limite legale italiano per superamenti occasionali nel corso dell'anno. In tutti i casi si ha un modesto superamento del limite per IPA Bap equivalenti di 1 ng/mc di aria, anche se il limite è annuale e le variazioni stagionali sono nette: in particolar modo nelle stagioni più fredde emerge il contributo causato dal riscaldamento degli edifici. Non c'è una associazione evidente con le emissioni dell'impianto di termovalorizzazione.

Anche riguardo i metalli sono disponibili valori delle diverse campagne stagionale, riportati in valori medi rilevati nel particolato totale. I metalli rilevati sono piombo, nichel, cromo, cromo VI, cobalto, manganese, zinco, rame, vanadio, cadmio, mercurio, antimonio e arsenico, la cui pericolosità è definita dalla letteratura come segue.

**Piombo** (fonti 7,9,11):

1) Via orale

UR cancro =  $8,5 \times 10^{-3}$ /mg/kg p.c./die

TDI =  $3,6 \mu\text{g}/\text{kg p.c./die}$

2)Via inalatoria

UR cancro =  $1,2 \times 10^{-5}$ /μg/mc

Valore guida WHO =  $5 \mu\text{g}/\text{mc}$  (12)

**Nichel** (fonti 7,9,10,11,14):

1)Via orale

RfD  $2 \times 10^{-2}$ mg/kg p.c./die (Sali solubili)

TDI =  $50\mu\text{g}/\text{kg p.c./die}$

2)Via inalatoria

UR cancro =  $2,6 \times 10^{-4}$ / μg/mc (9)

UR cancro =  $3,8 \times 10^{-4}$ / μg/mc (11)

**Cromo III** (fonti 7,10,12):

1)Via orale

Rfd =  $1,5 \text{ mg}/\text{kg p.c./die}$

TDI =  $5 \text{ mg}/\text{kg p.c./die}$  (7)

2)Via inalatoria

TCA =  $0,06 \text{ mg}/\text{mc}$  (7)

**Cromo VI** (fonti 7,9,11,12):

1)Via orale

RfD =  $3 \times 10^{-3} \text{ mg}/\text{kg p.c./die}$

pTDI =  $5 \mu\text{g}/\text{kg p.c./die}$  (pTDI è il TDI provvisorio)

UR cancro =  $1,2 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg p.c./die}$

2)Via inalatoria

RfC =  $1 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{mc}$  (particolato),  $8 \times 10^{-6}/\text{mg}/\text{mc}$  (aerosol disciolti)

UR cancro =  $1,2 \times 10^{-2}/\text{microg}/\text{mc}$  (10)

UR cancro =  $4 \times 10^{-2}/\mu\text{g}/\text{mc}$  (11)

**Cobalto:**

Via orale

TDI = 1,4 µg/kg p.c./die (7)

**Manganese** (fonti 7,10,11):

1) Via orale

RfD = 1,4 x 10<sup>-1</sup> mg/kg p.c./die (2 x 10<sup>-1</sup> nel caso dell'acqua) (10)

2) Via inalatoria

RfC = 5 x 10<sup>-5</sup> mg/mc

Valore guida WHO = 150 ng/mc (11)

**Zinco** (fonti 7,10,11,14):

Via orale

RfD = 0,3 mg/kg p.c./die (10)

TDI = 0,3<sup>-1</sup> mg/kg p.c./die (11)

TDI = 0,5 mg/kg p.c./die (7)

**Rame:**

Via orale

TDI = 0,14 mg/kg p.c./die (7)

**Vanadio** (pentossido) (fonti 10,14):

Via orale

RfD = 9 x 10<sup>-3</sup> mg/kg p.c./die

PDE = 10 µg/kg p.c./die

**Cadmio** (fonti 9,10,11):

1) Via orale

RfD = 10<sup>-3</sup> mg/kg p.c./die nel cibo, 5 x 10<sup>-4</sup> mg/kg p.c./die nell'acqua

TDI = 0,5 µg/kg p.c./die

2) Via inalatoria

UR cancro = 1,8 – 4,2 x 10<sup>-3</sup>/µg/mc (9)

Valore guida WHO = 5ng/mc (11)

**Mercurio** (fonti 7,10,11):

1) Via orale

TDI (inorganico) = 2µg/kg p.c./die

TDI (organico) = 0,1 µg/kg p.c./die (7)

2) Via inalatoria

RfC cronica =  $3 \times 10^{-4}$  mg/mc

Valore guida WHO = 1000 ng/mc (11)

**Antimonio:**

Via orale

RfD =  $4 \times 10^{-4}$  mg/kg p.c./die (10)

**Arsenico** (fonti 9,10,11):

1) Via orale

UR cancro = 1,5/mg/kg p.c./die

Acqua potabile, UR cancro =  $5 \times 10^{-5}$  µg/l

RfD =  $3 \times 10^{-4}$  mg/kg p.c./die

2) Via inalatoria

UR cancro =  $1,5 - 4,3 \times 10^{-3}$  µg/mc (9,10,11)

	Pb	Ni	Cr <sub>tot</sub>	Cr <sup>6+</sup>	Co	Mn	Zn	Cu	V	Cd	Hg	Sb	As
A	14	7	<10	<10	<0,8	31	143	30	4	0,5	<1	6	0,6
B	10	6	<10	<10	<0,8	22	147	23	<4	0,5	<1	4	0,6
C	9	5	<10	<10	<0,8	27	123	20	4	0,5	<1	4	0,6
D	12	6	<10	<10	<0,8	30	118	20	5	0,5	<1	4	0,7
E	13	4	<10	<10	<0,8	20	143	20	<4	0,4	<1	5	0,4

Tabella 10 – Valori medi [ng/Nm<sup>3</sup>] di metalli rilevati durante la campagna estiva nel particolato totale

Il Piombo è 39-55 volte inferiore al valore guida WHO recepito dalla legislazione italiana (DM 60/2002) di 5 µg/mc mentre il rischio di cancro risulta  $0,11 - 0,17 \times 10^{-6}$  utilizzando l'UR della fonte 9.

Il Nichel comporta rischio cancro di 1,06 – 2,66 su 1 milione stimato (fonti 11 e 9).

Sul Cromo VI si stima un rischio di cancro 0,6 – 2 su 10'000 usando le UR (fonti 10, 11), dose inferiore alla RfC IRIS (10), il Manganese è 4,8 – 7,5 volte inferiore alla linea guida WHO di 150 ng/mc (12) e 1,6 – 2,5 volte inferiore alla RfC di IRIS (10). Il Cadmio è 10 – 12,5 volte

inferiore alla linea guida WHO e rischio di cancro 0,72 – 2,1 su 1 milione usando le UR IRIS (10); il Mercurio è 2000 volte inferiore alla linea guida WHO (11) e 600 volte minore di RfC IRIS (10); l’Arsenico porta un rischio di cancro 0,6 – 3,01 su 1 milione secondo le varie fonti.

L’unico valore che significativamente potrebbe superare il rischio cancerogeno 1 su 1 milione, in maniera però non stimabile perché la concentrazione è minore del limite di rilevazione (nel calcolo è stato utilizzato molto cautelativamente la metà di tale valore) è il Cromo VI. Anche tutti gli altri dati per i quali non ci sono limiti di legge riferiti all’aria sono accettabili e al di sotto dei valori guida sanitari di qualche ordine di grandezza, non dando quindi luogo ad alcun effetto tossico incrementale sulla popolazione (Zinco, Rame, Vanadio, Antimonio, Cobalto).

	Pb	Ni	Cr <sub>tot</sub>	Cr <sup>6+</sup>	Co	Mn	Zn	Cu	V	Cd	Hg	Sb	As
A	20	8	<10	<10	0,5	55	71	37	5	0,7	<1	6	1,4
B	21	10	<10	<10	1,1	44	69	40	5	0,7	<1	8	1,3
C	18	9	<10	<10	0,9	40	65	30	3	0,7	<1	6	1,6
D	20	9	<10	<10	1,5	34	74	39	5	0,7	<1	7	1,6
E	24	8	<10	<10	0,8	58	111	36	3	0,8	<1	7	1,4

Tabella 11 – Valori medi [ng/Nm<sup>3</sup>] di metalli rilevati durante la campagna invernale nel particolato totale

La postazione E presenta valori leggermente più alti rispetto alle altre 4 postazioni per quanto riguarda lo Zinco; il Piombo è 21-28 volte inferiore al valore guida WHO recepito nella legislazione italiana, mentre il rischio di cancro, qualora lo si voglia considerare nonostante la tossicità dello sviluppo sia il problema tossicologico preminente del Pb, risulta  $0,22 \times 10^{-6}$  (9). Ni ha rischio di cancro 2,1 – 3,8 su 1 milione (10). CrVI rischio di cancro 0,6 – 2 su 10'000 (utilizzando le UR dalle fonti 10,11), dose peraltro inferiore alla RfC IRIS. Mn è 42,6 – 4,4 volte inferiore alla linea guida WHO di 150 ng/mc e 1,47 volte

inferiore alla RfC di IRIS (10). Cd è 6,25 – 7,14 volte inferiore alla linea guida WHO di 5 ng/mc e ha rischio di cancro 1,26 – 3,36 su 1 milione (usando la UR di IRIS); Hg è 2000 volte inferiore alla linea guida WHO (1000 ng/mc) e 600 volte minore di RfC IRIS; As rischio di cancro 1,95 – 6,88 su 1 milione (fonti 9,10,11). L'unico valore che significativamente potrebbe superare il rischio cancerogeno di 1 su 1 milione in maniera però non stimabile perché la concentrazione è minore del limite di rilevazione (nel calcolo è stato usato molto cautelativamente la metà di tale valore) è il CrVI. Anche per gli altri dati per i quali non ci sono limiti legislativi come contenuti nell'aria sono al di sotto dei valori guida sanitari di almeno un ordine di grandezza.

Per quanto riguarda le diossine, riporto i valori dei siti C ed E, presentati anche come TEQ (equivalenti alla TCDD, la più nota e pericolosa delle diossine, il cui valore convenzionale di pericolosità TEQ è 1) mediante utilizzo degli I-TEF.

PCDD e PCDF	Fattore di Tossicità Equivalente (TEF)	
	I-TEF (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEF (van den Berg <i>et al.</i> , 1998)
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PnCDD	0.5	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01
OCDD	0.001	0.0001
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PnCDF	0.05	0.05
2,3,4,7,8-PnCDF	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01
OCDF	0.001	0.0001

PCB (n. IUPAC)	Fattore di Tossicità Equivalente (TEF)	
	PCB-TEF (Ahlborg <i>et al.</i> , 1994)	WHO-TEF (van den Berg <i>et al.</i> , 1998)
<i>Non-orto PCB</i>		
3,3',4,4'-TCB	0.0005	0.0001
3,4,4',5-TCB	-	0.0001
3,3',4,4',5-PnCB	0.1	0.1
3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.01	0.01
<i>Mono-orto PCB</i>		
2,3,3',4,4'-PnCB	0.0001	0.0001
2,3,4,4',5-PnCB	0.0005	0.0005
2,3',4,4',5-PnCB	0.0001	0.0001
2,3,4,4',5-PnCB	0.0001	0.0001
2,3,3',4,4',5-HxCB	0.0005	0.0005
2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.0005	0.0005
2,3',4,4',5,5'-HxCB	0.00001	0.00001
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	0.0001	0.0001
<i>Di-orto PCB</i>		
2,2',3,3',4,4',5-HpCB	0.0001	-
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB	0.00001	-

**Abbreviazioni:** PnCDD, pentaclorodibenzo-*p*-diossina; HxCDD, esaclorodibenzo-*p*-diossina; HpCDD, eptaclorodibenzo-*p*-diossina; OCDD, octaclorodibenzo-*p*-diossina; PnCDF, pentaclorodibenzofurano; HxCDF, esaclorodibenzofurano; HpCDF, eptaclorodibenzofurano; OCDF, octaclorodibenzofurano; TCB, tetraclorodifenile; PnCB, pentaclorodifenile; HxCB, esaclorodifenile; HpCB, eptaclorodifenile

Tabella 12 – Comparazione dei TEF per diossine e PCB diossina simili maggiormente utilizzati

Gli effetti delle diossine per via orale sono riassumibili come segue, e variano da 1 a 4 pg/kg p.c./die a seconda della fonte:

TDI = 1 (12)

TDI = 2 (COT, UK)

TDI = 2 (11 e WHO 1998)

	Concentrazione fg/m <sup>3</sup>	
	Postazione C	Postazione E
2,3,7,8 T4CDD	< 0,06	< 0,05
1,2,3,7,8 P5CDD	< 0,06	< 0,05
1,2,3,4,7,8 H6CDD	< 0,06	< 0,05
1,2,3,6,7,8 H6CDD	< 0,06	< 0,05
1,2,3,7,8,9 H6CDD	< 0,06	< 0,05
1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	169,01	60,21
OCDD	368,86	73,42
2,3,7,8 T4CDF	32,47	23,25
1,2,3,7,8 P5CDF	36,36	12,82
2,3,4,7,8 P5CDF	68,33	25,43
1,2,3,4,7,8 H6CDF	78,99	17,09
1,2,3,6,7,8 H6CDF	77,36	12,12
2,3,4,6,7,8 H6CDF	83,12	16,29
1,2,3,7,8,9 H6CDF	45,01	1,19
1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	143,30	34,38
1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	30,34	0,05
OCDF	104,31	3,58
Totale fg/m <sup>3</sup>	1237,78	280,08
<b>Totale fg I-TE/m<sup>3</sup></b>	<b>71,63</b>	<b>21,42</b>

	Concentrazione fg/m <sup>3</sup>	
	Postazione C	Postazione E
2,3,7,8 T4CDD	< 0,08	< 0,06
1,2,3,7,8 P5CDD	< 0,08	< 0,06
1,2,3,4,7,8 H6CDD	< 0,08	< 0,06
1,2,3,6,7,8 H6CDD	< 0,08	< 0,06
1,2,3,7,8,9 H6CDD	< 0,08	7,49
1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	99,10	106,11
OCDD	294,65	153,67
2,3,7,8 T4CDF	14,28	19,97
1,2,3,7,8 P5CDF	26,56	14,48
2,3,4,7,8 P5CDF	29,55	23,09
1,2,3,4,7,8 H6CDF	58,10	12,73
1,2,3,6,7,8 H6CDF	32,54	17,48
2,3,4,6,7,8 H6CDF	84,50	28,71
1,2,3,7,8,9 H6CDF	11,95	0,50
1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	188,25	62,17
1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	23,07	0,25
OCDF	99,44	13,73
Totale fg/m <sup>3</sup>	962,40	460,65
<b>Totale fg I-TE/m<sup>3</sup></b>	<b>39,81</b>	<b>22,87</b>

	Concentrazione fg/m <sup>3</sup>	
	Postazione C	Postazione E
2,3,7,8 T4CDD	< 0,08	< 0,08
1,2,3,7,8 P5CDD	< 0,08	< 0,08
1,2,3,4,7,8 H6CDD	< 0,08	< 0,08
1,2,3,6,7,8 H6CDD	< 0,08	33,01
1,2,3,7,8,9 H6CDD	< 0,08	11,00
1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	244,41	176,36
OCDD	569,41	254,38
2,3,7,8 T4CDF	27,58	49,01
1,2,3,7,8 P5CDF	23,76	57,84
2,3,4,7,8 P5CDF	44,70	81,01
1,2,3,4,7,8 H6CDF	26,09	102,68
1,2,3,6,7,8 H6CDF	< 0,08	104,18
2,3,4,6,7,8 H6CDF	61,14	80,68
1,2,3,7,8,9 H6CDF	0,08	13,00
1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	101,02	257,21
1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	7,98	45,34
OCDF	90,89	117,19
Totale fg/m <sup>3</sup>	1197,56	1383,15
<b>Totale fg I-TE/m<sup>3</sup></b>	<b>39,29</b>	<b>87,98</b>

	Concentrazione fg/m <sup>3</sup>	
	Postazione C	Postazione E
2,3,7,8 T4CDD	< 0,05	< 0,05
1,2,3,7,8 P5CDD	2,79	< 0,05
1,2,3,4,7,8 H6CDD	< 0,05	< 0,05
1,2,3,6,7,8 H6CDD	< 0,05	< 0,05
1,2,3,7,8,9 H6CDD	< 0,05	< 0,05
1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	87,48	96,88
OCDD	182,73	135,53
2,3,7,8 T4CDF	31,35	24,54
1,2,3,7,8 P5CDF	18,01	18,28
2,3,4,7,8 P5CDF	25,18	23,15
1,2,3,4,7,8 H6CDF	20,90	25,44
1,2,3,6,7,8 H6CDF	11,64	13,02
2,3,4,6,7,8 H6CDF	29,06	28,62
1,2,3,7,8,9 H6CDF	0,05	8,64
1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	46,88	52,36
1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	2,59	9,04
OCDF	15,63	22,85
Totale fg/m <sup>3</sup>	474,50	458,61
<b>Totale fg I-TE/m<sup>3</sup></b>	<b>25,78</b>	<b>24,30</b>

Tabella 13 – Rilevazioni diossine nei siti C ed E in 4 rilevazioni in gennaio e febbraio

Per via inalatoria, abbiamo invece UR cancro (tumori in eccesso causati da inalazione a vita di 1 pg/mc di TCDD) =  $3,8 \times 10^{-5}$  (9)

Per i PCB per via orale invece riporto:

$$\text{RfD} = 2 - 7 \times 10^{-5} \text{ mg/kg p.c./die (10)}$$

$$\text{TDI non planari} = 0,01 \text{ } \mu\text{g/kg p.c./die}$$

$$\text{UR cancro} = 2 \times 10^{-3} / \mu\text{g/kg p.c./die (10)}$$

Per via inalatoria invece abbiamo:

$$\text{UR cancro} = 1,1 - 5,7 \times 10^{-4} / \mu\text{g/mc (9)}$$

$$\text{TCA non planari} = 0,5 \text{ } \mu\text{g/mc}$$

I valori TEQ (fg/mc) rilevati nei due siti (concentrazione media dei quattro periodi: sito C 44,22 e sito E 39,14) sono confrontabili coi valori di TEQ presenti nell'aria urbana di città appartenenti a vari paesi e 3 – 10 volte superiori all'ambiente rurale di alcuni paesi, ma compresi nel limite superiore di contaminazione rurale di altri paesi (fonte ARPA). Il sito E è meno contaminato in questo caso rispetto al sito C, questa è una evidenza indiretta del fatto che l'elevata presenza di IPA (e in quanto correlata, anche di PM10 e PM2,5) nel sito E non sia dovuta all'inceneritore bensì verosimilmente a prodotti della combustione (legna, gasolio, copertoni per riscaldamento) in inverno e derivanti da fatti occasionali, non rispettosi delle normative di comportamento e utilizzo dei combustibili meno inquinanti, difficilmente controllabili. Lo Zn rilevato nel sito E non rappresenta alcun problema di rischio tossicologico. La valenza sanitaria delle diossine per effetti non neoplastici è nulla, in quanto moltiplicando le concentrazioni in aria per 30 mc inalati al giorno e dividendo per il peso corporeo di un adulto di 60 kg si ottiene una assunzione di 0,022 e 0,020 rispettivamente per C ed E di TEQ in pg/kg p.c./die, valori circa 100 volte inferiori al TDI della TCDD (2 pg/kg p.c./die). Relativamente ai contrastati effetti cancerogeni, utilizzando la potenza cancerogena della TCDD calcolata da California EPA (2005, fonte 9), cioè che 1 pg/kg p.c./die che incrementa di 10 su 1 milione le morti per cancro, si otterrebbero valori di 2,2 (sito C) e 1,6 (sito E) su 10

milioni, inferiori a 1 su 1 milione, che le agenzie federali statunitensi ritengono trascurabili. Va considerato che i valori delle concentrazioni dei congeneri rilevate come inferiori al limite di sensibilità della metodica analitica sono stati considerati, in analogia al calcolo effettuato per IPA, metalli e HCl, pari alla metà del limite di rilevabilità. Questo in conformità ai protocolli ARPa e per un principio di cautela condivisibile, che però nel caso degli IPA misurati in stagione estiva, può sovrastimare.

### **3.2.2 Analisi del sistema acqua-suolo-vegetali**

Questa campagna consiste nella verifica di eventuali contaminazioni delle acque meteoriche, contaminazioni fogliare (mediante lavaggio), del suolo, e dei vegetali. In generale per quanto riguarda la legislazione italiana, il criterio guida di ipercautela fa sì che degli sforamenti di lieve entità dei limiti di legge non comportino per forza effetti tossicologici (per esempio si può rimanere ancora al di sotto della Reference Dose). Questo confronto con la RfD, che ha una unità di misura diversa, prevede una conversione da [mg/l] a [mg/kg p.c./die], che considerando ad esempio il Mn nel sito 5, vede i 0,62 mg/l convertiti in 0,017 mg/kg p.c./die contro i 0,14 mg/kg p.c./die dell'RfD. Questa conversione prevede le condizioni di assunzione di 2 litri al giorno per una persona di 70 kg di peso, si ha quindi  $0,62 \text{ [mg/l]} * 2 \text{ [l/die]} / 70 \text{ [kg]} = 0,017 \text{ mg/kg p.c./die}$

#### Acque meteoriche

E' stato rilevato un valore di **Cu** superiore ai limiti di legge nei siti 3, 5, 10 e 12, con valori medi compresi tra 0,12 e 0,18 mg/l, superiori al limite di legge di 0,1 mg/l. Questi sforamenti non hanno però valore tossicologico in quanto rimane per esempio nel primo caso, una dose circa 40 volte inferiori rispetto al TDI.

E' stato riscontrato **Mn** in eccesso nei siti 3 e 5: nel primo caso il superamento non riguarda i valori medi di 0,13 mg/l bensì il valore massimo della campagna di 0,29 mg/l, lievemente superiore agli 0,20 mg/l di legge, che rimangono 17 volte inferiori alla RfD. Nel sito 5 invece il superamento è stato riscontrato in un valore massimo di 0,62 mg/l, che pur superando di 3 volte il limite di legge, rimane circa 8 volte inferiore alla RfD.

Analoghi sforamenti sono stati registrati anche per lo **Zn** nei siti 3 e 5 rispettivamente di 0,12 mg/l di valore medio per il 3 e un valore massimo di 0,556 mg/l per il 5, che si mantiene 19 volte inferiore all'RfD (0,016 vs 0,3 [mg/kg p.c./die]).

In nessuno dei casi vi è quindi una valenza tossicologica.

### Suolo

Per quanto riguarda l'inquinamento del suolo, è stata rilevata la presenza di frequenti superamenti di limiti per lo **Sn** nei siti dal 2 all'11, da valori poco superiori ad 1 mg/kg suolo fino a un valore massimo di 4,96 mg/kg suolo del sito 10, circa 5 volte superiore al limite legale ma corrispondente a 0,014 microg/kg p.c./die, inferiore di 143 volte rispetto al TDI di 2 mg/kg p.c./die.

Il **Co** è stato rilevato in lieve eccesso nel solo sito 4, con valori circa 1,2 volte superiori al limite legale, ampiamente al di sotto al TDI di circa 20 volte.

Lo **Zn** è stato rilevato nei siti 5, 9 e 10: rispettivamente in quantità di 350,88, 158,76 e 238,96 mg/kg suolo rispetto ai limiti di 150 mg/kg ma anche in questo caso il valore più alto dei tre rimane comunque 300 volte inferiore alla RfD.

Il **Pb** è stato rilevato nei siti 5 e 7 in quantità pari a 244,28 mg/kg suolo e 117,04 mg/kg suolo (valore massimo), che superano il limite di 100 mg/kg suolo ma nel primo caso si resta comunque al di sotto del TDI di 5 volte circa.

Il **Cu** è stato rilevato nei siti 6 e 10 rispettivamente 1,3 e 1,5 volte oltre il limite legale, ma 300 e 264 volte inferiore al TDI.

Anche nel caso del suolo dunque, nonostante i superamenti riscontrati, non è stata accertata alcuna valenza tossicologica.

#### Vegetali: foglie, cotico erboso e muschi

Per quanto riguarda le foglie, nel sito 9 sono stati riscontrati Sn e Zn in eccesso, mentre nel sito 10 **Cu**: nessuno dei tre casi comunque ha valenza tossicologica.

Per quanto riguarda il cosiddetto cotico erboso, cioè l'insieme delle graminacee e altre erbe che compongono la vegetazione erbacea che fornisce un alimento degli animali da pascolo, sono stati misurati livelli eccessivi di **Ni**, **Cr**, **Cu** e **Pb**.

Il **Ni** nei siti 1,5 e 10, rispettivamente 8,9 e 6 volte superiori al TDI. Questi sono valori degni di nota in quanto superando anche il TDI vanno ad erodere quel margine di sicurezza 100 su cui il TDI è basato, anche se questo superamento non avviene per l'irrealisticità dell'assunzione e la necessaria sottrazione (non effettuata) del valore più basso osservato che funge da bianco, o del bianco stesso.

Il **Cr** (CrVI) rilevato nei siti 5,6 e 10, rispettivamente 30, 23 e 30 volte il pTDI, fanno riferimento a valori di cautela provvisori.

Il **Cu** rilevato nei siti 5,6 e 10 supera 1,7, 1,5 e 3,8 volte il TDI mantenendosi sufficientemente al di sotto del margine di cautela 100.

Il **Pb** dei siti 5 e 10, cosiccome il Ni, supera abbondantemente l'RfD di 30 e 26,3 volte, anche se pure in questo caso sono valide le considerazioni fatte in precedenza.

### Muschi

**Cr VI** è stato rilevato nei siti 1 e 5 rispettivamente 42 e 44 volte il pTDI, **Mn** e **Ni** negli stessi siti con superamenti del TDI dalle 8,5 alle 15 volte. **Pb** nei siti 5 e 7 con superamenti importanti dell'RfD di 158 e 327 volte, mentre lo **Zn** rilevato sempre nei siti 5 e 7 ha superato rispettivamente 10 e 3 volte la RfD. I valori più rilevanti tra questi sono quelli del Pb, con totale erosione dell'intero fattore di sicurezza, ma questo va pesato al netto dell'irrealisticità dell'assunzione quotidiana e della necessità di sottrarre comunque il valore del sito più basso che funge da bianco porta a prevedere nessun effetto tossicologico sia per il Pb sia per gli altri metalli che superano il TDI di circa 1 ordine di grandezza.

### **3.3 Impatto sanitario**

Molti studi in letteratura indicano possibili associazioni tra certi tipi di inquinamento ed un aumentato rischio sanitario (15), utilizzando alcuni parametri come indicatori di salute. Gli indicatori di salute per i quali sono stati rilevati incrementi di valore sono la mortalità e la morbosità per alcune malattie neoplastiche: tumori del tratto gastrointestinale, tumori esofagei, del polmone, del fegato, del rene, del sistema linfatico (16) e determinate malattie respiratorie acute e croniche. Anche le malformazioni congenite (17) e gli esiti delle gravidanze (18) sono stati oggetto di molteplici studi epidemiologici, poichè si prestano ad essere considerati indicatori di monitoraggio di inquinamento ambientale in quanto la loro insorgenza è legata a periodi di esposizione e di latenza relativamente brevi. Alcuni di questi studi hanno messo in relazione l'aumento della loro prevalenza con la residenza delle donne in aree che ospitano impianti di trattamento di rifiuti quali fonti di inquinamento (19, 20). In particolare sono stati riscontrati un aumento di abortività spontanea e di parti gemellari, basso peso alla nascita e inversione del rapporto alla nascita tra maschi e femmine (21). In base a questi dati epidemiologici tratti dagli studi citati, è stato completato uno analogo dalla AUSL di Bologna sullo stato di salute della popolazione residente nei comuni di Castenaso e Granarolo dell'Emilia, proprio in relazione al sito di termovalorizzazione sito a Granarolo dell'Emilia in via del Frullo. Questa analisi si è avvalsa di alcune fonti principali:

- Registro di mortalità aziendale 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 (ISTAT)

I periodi di analisi non perfettamente coincidenti sono stati considerati nel loro insieme per minimizzare le fluttuazioni casuali dei diversi indicatori in esame dovute al basso numero di casi rilevati, condizione frequente nei comuni di piccole dimensioni: in questo modo si può rendere migliore l'eventuale associazione tra residenza e rischi per la salute. Per la mortalità sono stati calcolati i rapporti standardizzati indiretti di mortalità (*Standardized Mortality Ratio*, SMR) stimando così la mortalità attesa nei comuni di Castenaso, Granarolo e Distretto Pianura Est, rispetto agli analoghi valori registrati nelle stesse aree territoriali (popolazione standard di riferimento quella provinciale del 1991). I ricoveri in ospedale sono invece formulati come tassi standardizzati riferiti a Castenaso e Granarolo oltre che al territorio dell'Area Nord dell'AUSL di Bologna utilizzando come popolazione standard quella della Regione Emilia Romagna all'anno 1991. Per le malformazioni congenite e gli eventi riproduttivi sono stati calcolati i tassi grezzi con un intervallo di confidenza stimato al 95%. La significatività statistica di tali valori ( $p < 0,05$ ) è stata valutata utilizzando il test Z.

### Ricoveri Ospedalieri

E' stato usato l'archivio SDO aziendale del periodo 1997 – 2003, e studiato i ricoveri ospedalieri in regime ordinario per le stesse cause, definendo la principale causa di dimissione ospedaliera sulla base

della quarta cifra della Classificazione Internazionale delle Malattie (ICD9). I confronti territoriali hanno riguardato i due singoli comuni e l'intera Area Nord dell'AUSL di Bologna: i valori riferendosi al ricorso al servizio sanitario non indica necessariamente che corrisponda a un soggetto malato. Quindi non si può determinare il tasso di incidenza cioè il numero esatto di nuovi casi nel periodo, in quanto il registro tumori non è attivo nel territorio della provincia di Bologna.

Causa	Area Nord			Castenaso			Granarolo		
	M	F	TOT	M	F	TOT	M	F	TOT
Tumori*	15,06	14,44	14,74	15,01	16,85*	15,96	15,84	15,71	15,77
Tumori maligni*	13,34	10,03	11,63	13,31	11,25*	12,24	13,78	10,71	12,19
T.faringe	0,12	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,10	0,00	0,05
T.esofago	0,19	0,04	0,11	0,07	0,06	0,07	1,06*	0,05	0,54
T.stomaco	0,53	0,33	0,43	0,47	0,32	0,39	0,66	0,56	0,60
T.colon-retto	1,52	1,07	1,28	1,52	1,29	1,41	1,53	1,45	1,49
T.fegato	0,49	0,26	0,37	0,14	0,19	0,17	0,26	0,44	0,35
T.cavità nasali	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01
T.laringe	0,30	0,03	0,16	0,04	0,00	0,02	0,17	0,00	0,08
T.polmone	2,08	0,50	1,26	1,56	0,58	1,10	2,57	0,30	1,39
T.connettivo	0,06	0,05	0,06	0,04	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02
T.rene	0,47	0,22	0,34	0,46	0,20	0,32	0,35	0,11	0,22
T.linfatico ed emop.	0,87	0,79	0,83	1,11	0,75	0,93	1,16	0,69	0,92
Linfoma Hodgkin	0,05	0,03	0,04	0,04	0,00	0,02	0,27	0,00	0,13
Linfoma non Hodgkin	0,20	0,19	0,19	0,38	0,17	0,27	0,25	0,29	0,27
Bronchite n.s.	0,02	0,02	0,02	0,04	0,00	0,02	0,06	0,10	0,08
Bronchite cronica*	2,39	1,64	2,00	2,74	2,51*	2,62*	3,00	2,51*	2,75*
Enfisema	0,06	0,01	0,03	0,12	0,00	0,06	0,08	0,00	0,04
Asma	0,23	0,23	0,23	0,27	0,33	0,30	0,19	0,26	0,23
Bronchiectasie	0,03	0,03	0,03	0,07	0,10	0,09*	0,00	0,00	0,00
Alveolite allergica estr.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 14 – Ricoveri ordinari: Tassi standardizzati x 1000, periodo 1997 – 2003 (\*dato statisticamente significativo in eccesso)

Tra le malattie elencate in Tab.14 nei comuni in esame, utilizzando la zona denominata Area Nord come norma, si osservano scostamenti significativi solo per 5 cause (caselle evidenziate con l'asterisco), in particolare sono significativi i dati dei ricoveri riguardanti:

- 1) Comune di Castenaso limitatamente alle femmine per l'intero gruppo dei tumori, per tumori maligni e per bronchite cronica;
- 2) Comune di Granarolo riguardo i maschi per tumore dell'esofago e nelle femmine per bronchite cronica;
- 3) Entrambi i comuni per bronchiectasie.

### Malformazioni congenite

I dati sono stati presi dal Registro delle malformazioni della regione Emilia – Romagna (IMER) relativi ai residenti nei due comuni a confronto con quelli della provincia di Bologna nel periodo 1982 – 2002. Anche in questo caso il metodo prevede di verificare scostamenti statistici tra queste zone e il resto della provincia.

Area	Numero assoluto 1982 - 2002		Tasso x 1000 1982 - 2002		
	Nati	Casi	Tasso	Lim.inf.	Lim.sup.
Castenaso	2.285	27	11,8	7,4	16,2
Granarolo dell'Emilia	1.325	16	12,1	6,2	17,9
Provincia di Bologna	131.709	1.730	13,1	12,5	13,8

Tabella 15 – Malformazioni congenite nei 2 comuni e nella provincia

Il calcolo dei tassi di prevalenza (nati malformati/nati vivi)\*1000 non ha dato eccessi significativi nei 2 comuni rispetto alla provincia di

Bologna: non si è potuto entrare nelle singole tipologie di malformazioni per il numero estremamente esiguo di casi, insufficiente campione.

### Nuovi nati

All'interno di questa categoria, sono stati definiti come indici i parti gemellari, l'abortività spontanea, il basso peso alla nascita e il rapporto maschi/femmine nei due comuni oggetto dell'indagine, sempre a confronto con l'Area Nord aziendale. Le fonti sono l'archivio SDO aziendale relativo al periodo 1997 – 2003 per quanto riguarda i primi tre indici, mentre è l'ISTAT che fornisce i dati demografici mediante i quali si determina il rapporto tra i sessi alla nascita.

Comuni	Parti gemellari	Parti totali	Tasso %	Intervallo confidenza 95%	
				Lim.inf.	Lim.sup.
Castenaso	17	770	2,21	1,17	3,25
Granarolo	3	571	0,53	-0,07	1,12
Area Nord	158	11.785	1,34	1,13	1,55

Tabella 16 – Parti gemellari (periodo 1997 – 2003)

Comuni	Aborti spontanei	Donne 15-49 anni	Tasso %	Intervallo confidenza 95%	
				Lim.inf.	Lim.sup.
Castenaso	126	22.642	0,56	0,46	0,65
Granarolo	103	14.555	0,71	0,57	0,84
Area Nord	2.055	318.041	0,65	0,62	0,67

Tabella 17 – Aborti spontanei nei 2 comuni in esame (periodo 1997-2003)

Comuni	N°peso <2500 gr	Tasso %	Intervallo confidenza 95%	
			Lim.inf.	Lim.sup.
Castenaso	45	6,93	4,98	8,89
Granarolo	30	6,22	4,07	8,38
Area Nord	701	6,67	6,19	7,15
Comuni	N°peso <2000 gr	Tasso %	Intervallo confidenza 95%	
			Lim.inf.	Lim.sup.
Castenaso	21	3,24	1,87	4,60
Granarolo	12	2,49	1,10	3,88
Area Nord	238	2,26	1,87	4,60

Tabella 18 – Neonati di basso peso nei 2 comuni in esame (periodo 1997-2003)

I tassi ricavati, comparati coi rispettivi limiti di confidenza, non danno risultati in eccesso né riguardo ai parti gemellari (Tab.16) né riguardo all'indicatore di abortività spontanea (Tab.17), né riguardo al basso peso alla nascita da madri residenti nei territori a confronto (Tab.18).

Periodo	Rapporto M/F Castenaso	Rapporto M/F Granarolo	Rapporto M/F Area Nord AUSL
1992	1,02	1,32	0,93
1993	1,00	1,00	1,00
1994	1,12	1,04	0,99
1995	0,95	0,96	1,02
1996	1,13	1,05	1,09
1997	1,18	0,88	1,13
1998	1,51	1,03	1,10
1999	0,87	1,76	1,10
2000	0,83	1,07	1,10
2001	1,00	0,94	1,18
Media	0,997	1,15	1,07

Tabella 19 – Rapporto M/F dei nati nel periodo 1992-2001

Normalmente dalla letteratura scientifica, a proposito della relazione tra rapporto M/F nei nuovi nati e esposizione a impianti di trattamento di rifiuti, si registrano spostamenti di tale valore a favore del numero di femmine: al contrario dalla Tab.19, al netto di una alta variabilità

del dato annuale che rende difficile un commento preciso se non per i valori medi della decade, non si può riscontrare questo effetto, anzi per quanto riguarda il comune di Granarolo si rileva addirittura un effetto opposto, con una modesta prevalenza dei maschi.

Si può quindi concludere che al netto dei limiti di questo tipo di analisi, non si sono evidenziati eccessi di mortalità per le cause e negli anni considerati in nessuno dei due comuni. Uno studio del 2006 su 25 comuni italiani vicini a inceneritori (16) tra cui Granarolo ha evidenziato, per quanto riguarda i linfomi non Hodgkin, un eccesso di mortalità significativa negli uomini di circa l'8%, anche se tale eccesso non si è rilevato nei territori con impianti di incenerimento più grandi tra cui Granarolo. Sono invece stati osservati, circa i numeri dei ricoveri ospedalieri, eccessi per quanto riguarda i tumori nel loro insieme nel comune di Castenaso e per tumore dell'esofago tra i maschi del comune di Granarolo. Tale eccesso circa i tumori nel loro complesso può essere in parte spiegato dall'aumento di ricoveri per carcinoma mammario osservato parallelamente all'avvio dello screening iniziato nel periodo in esame, e ciò concorda con quanto riportato in letteratura. In aggiunta si è evidenziato un eccesso significativo per i ricoveri femminili per bronchite cronica in entrambi i comuni rispetto all'Area Nord.

Non si sono invece evidenziati problemi rispetto all'Area Nord aziendale in ambito di abortività, malformazioni congenite, numero di parti gemellari, basso peso alla nascita o inversione del rapporto alla nascita tra maschi e femmine. Questi dati vanno comunque soppesati al netto di alcune problematiche che possono essere generate da fattori di confondimento influenzanti i risultati (15). Questi comprendono le difficoltà nell'attribuire livelli di esposizione al singolo soggetto

potenzialmente esposto, la localizzazione degli inceneritori spesso in zone vicine a strade molto trafficate e industrie che spesso contribuiscono pesantemente ai fattori di pericolo rendendo difficile distinguere la singola fonte. Oltre a questo ci sono anche i modificatori di effetto come il fumo, la dieta, l'educazione, la storia residenziale etc... e nel caso di Granarolo e Castenaso anche le limitate dimensioni dei comuni e relative popolazioni possono inficiare la potenza statistica dei dati ricavati.

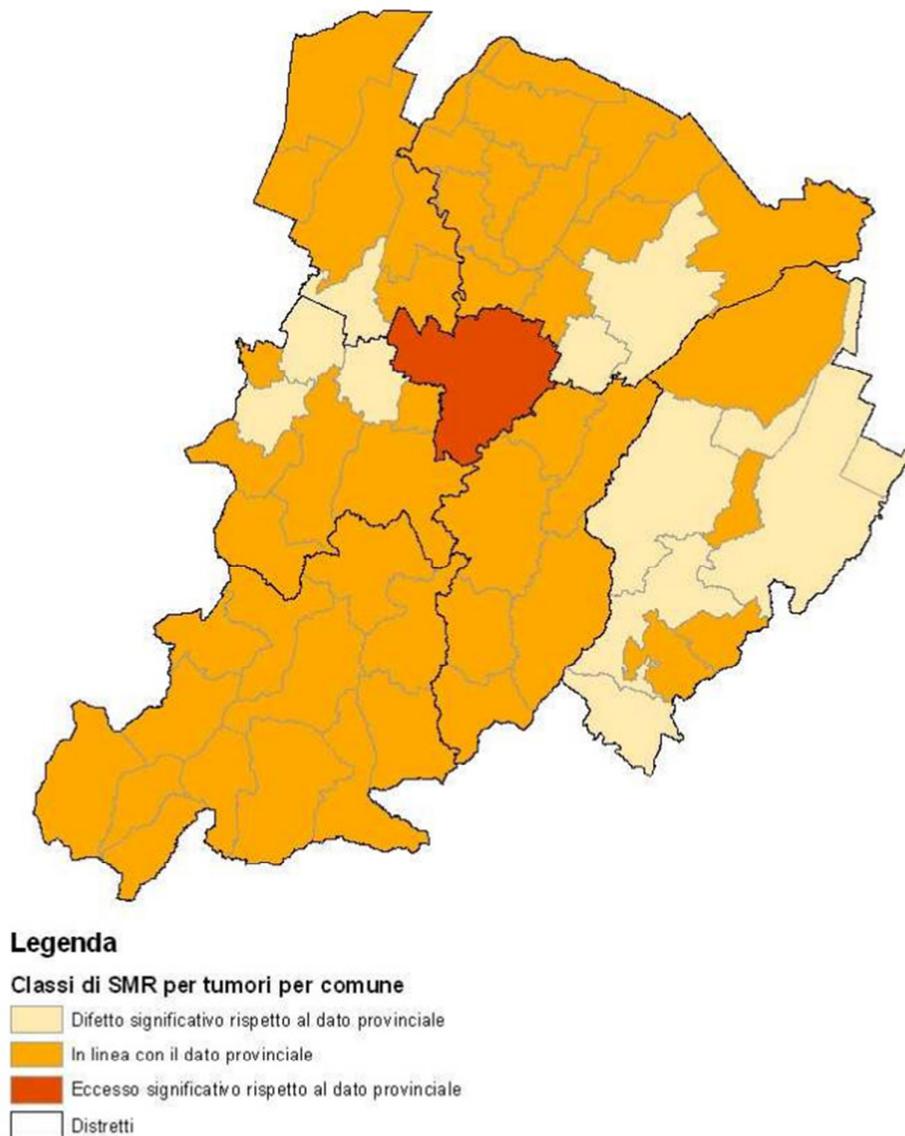


Figura 16 – Mortalità per tutti i tumori per comune (periodo 1993-2005)

## **4 Il Termovalorizzatore di Coriano (Forlì)**

L'impianto di termovalorizzazione è collocato nella zona industriale di Coriano, circa 4 km a nord-est del centro storico di Forlì (Fig.17), dove sono stati costruiti due impianti a poche centinaia di metri l'uno dall'altro. Herambiente s.r.l. gestisce quello in Via Carlo Grigioni 19 (entrato in funzione nel 1976 con due linee emissive, attualmente dismesse, e una nuova linea a regime dal 2009); nelle immediate vicinanze è poi presente anche l'impianto gestito da Mengozzi Rifiuti Sanitari s.p.a., entrato in funzione nel 1991 che si occupa di rifiuti sanitari.

All'interno dell'area impiantistica di Herambiente srl è presente la "Piattaforma Ecologica", ovvero un deposito provvisorio di rifiuti raccolti in modo differenziato e finalizzato al raggruppamento degli stessi prima dell'invio alle successive industrie di recupero. In prossimità del sito sono presenti l'impianto di stoccaggio e trattamento chimico-fisico di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi e l'impianto di depurazione biologica delle acque reflue urbane.

Attualmente l'inceneritore di Herambiente srl gestisce Rifiuti solidi urbani (RSU) e assimilati, mentre fino al 2008 ha gestito anche alcuni Rifiuti speciali non pericolosi (rifiuti cimiteriali, farmaci scaduti, contenitori bonificati di fitofarmaci, cosmetici) e in passato Rifiuti speciali di origine sanitaria.

La realizzazione della linea 3 ha comportato un adeguamento della potenzialità dell'impianto di incenerimento da 60.000 t/anno (linea 1 e 2) a 120.000 t/anno (linea 3), in linea con il Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti: mentre il controllo delle emissioni (22) è

regolare, lo studio sulla popolazione si riferisce al periodo immediatamente precedente all'avvio della linea 3.



Figura 17 – Ubicazione termovalorizzatore di Coriano

La distanza dal centro storico di Forlì rappresenta con buona approssimazione il raggio che è stato scelto come area oggetto di studio, avente ovviamente il centro nell'impianto stesso.

Una parte consistente di tale area è destinata ad uso agricolo con coltivazioni di tipo seminativo e colture specializzate quali frutteto e vigneto, mentre il restante territorio è occupato da aree industriali quali Coriano, Villa Selva, Pieve Acquedotto e il quartiere urbano Ronco. La densità abitativa è dell'ordine di 100 abitanti per ettaro, che cala drasticamente a 1 o 2 nelle zone industriali, e a 3-4 in quella agricole.

Oltre agli impianti introdotti precedentemente, su tale area insiste anche l'inquinamento atmosferico prodotto dalle attività produttive della zona industriale e dal traffico veicolare della Via Emilia e dell'A14, che hanno entrambe un tratto compreso.

Il gruppo di individui oggetti dello studio (coorte) sono i residenti nell'area di Coriano dall'1 gennaio 1990 fino al 31/12/2003, compresi coloro che vi si sono insediati durante tale periodo: le informazioni al riguardo sono a disposizione nell'Archivio anagrafico gestito

dall'Ufficio Informatico del Comune di Forlì, permettendo così di ricostruire la storia residenziale di ogni individuo con le coordinate geografiche di tutti i civici delle vie che insistono sull'area di studio (georeferenziazione mediante software GIS). Per l'analisi della mortalità l'esito è rappresentato dai decessi dei residenti nell'area tratto dal Registro di Mortalità (ReM) gestito dal Dipartimento di Sanità Pubblica della Azienda USL di Forlì, e l'elenco delle cause di morte è stato definito sulla base delle patologie collegate tipicamente nella letteratura scientifica. Per la morbosità è stata analizzata l'incidenza dei tumori dei residenti nell'area in studio rilevati dal Registro Tumori della Romagna nel periodo 1990-2003 suddivisi per cause specifiche. Anche i ricoveri per cause specifiche sono stati analizzati usando come fonte il sistema informativo delle Schede di Dimissione Ospedaliera (USL, Forlì).

Sono stati considerati due indicatori di esposizione sviluppati mediante specifiche analisi, ovvero la distanza dagli impianti suddivisa in anelli concentrici di distanza progressiva ed esposizione a metalli tipici delle emissioni degli inceneritori, in particolare la concentrazione di metalli pesanti e la presenza di NO<sub>2</sub> suddivisa per livelli di esposizione, tipicamente da traffico veicolare.

Riguardo gli anelli, ogni soggetto ivi residente è stato classificato ed assegnato ad uno di essi, che inizialmente definiti nel numero di 7, sono poi stati ridimensionati a 5 per via della relativa inutilità di una suddivisione così fine visto che l'area suddivisa è piuttosto piccola. Ognuno dei 7 anelli incrementava di 500 metri il raggio rispetto al precedente, fino a coprire il raggio totale di 3,5 km; con la successiva semplificazione ed accorpamento degli anelli 1+2 e 3+4, si aveva la suddivisione riportata in Tab.20.

Anello	Distanza dagli inceneritori
Anello 1	$\leq 1 \text{ Km}$
Anello 2	$1 \text{ Km} < \text{An.2} \leq 2 \text{ Km}$
Anello 3	$2 \text{ Km} < \text{An.3} \leq 2,5 \text{ Km}$
Anello 4	$2,5 \text{ Km} < \text{An.4} \leq 3 \text{ Km}$
Anello 5	$3 \text{ Km} < \text{An.5} \leq 3,5 \text{ Km}$

Tabella 20 – Dimensione anelli

Per l'altro livello di analisi, onde definire come l'inquinamento si distribuisce, si è fatto uso di modelli di ricaduta a partire dai dati di traffico, emissioni industriali, emissioni civili, inceneritori ed applicato il modello di dispersione tridimensionale gaussiano modificato ADMS-Urban (25) che simula la distribuzione degli inquinanti da sorgenti di vario tipo (puntuali, lineari, areali, diffuse). Per il traffico si è scelto, come da letteratura, NO<sub>2</sub> come indicatore tracciante, mentre per gli inceneritori, nella difficoltà di stabilirne uno a priori, si è deciso di sceglierlo empiricamente misurando, sulla base dei punti di massima ricaduta degli inceneritori (Fig.18), quali inquinanti siano rappresentativi. Su tali basi si sono scelti i metalli pesanti, presenti in quantità maggiore e costante nei punti di massima ricaduta, superando in tal senso altri candidati come diossine o acido cloridrico.

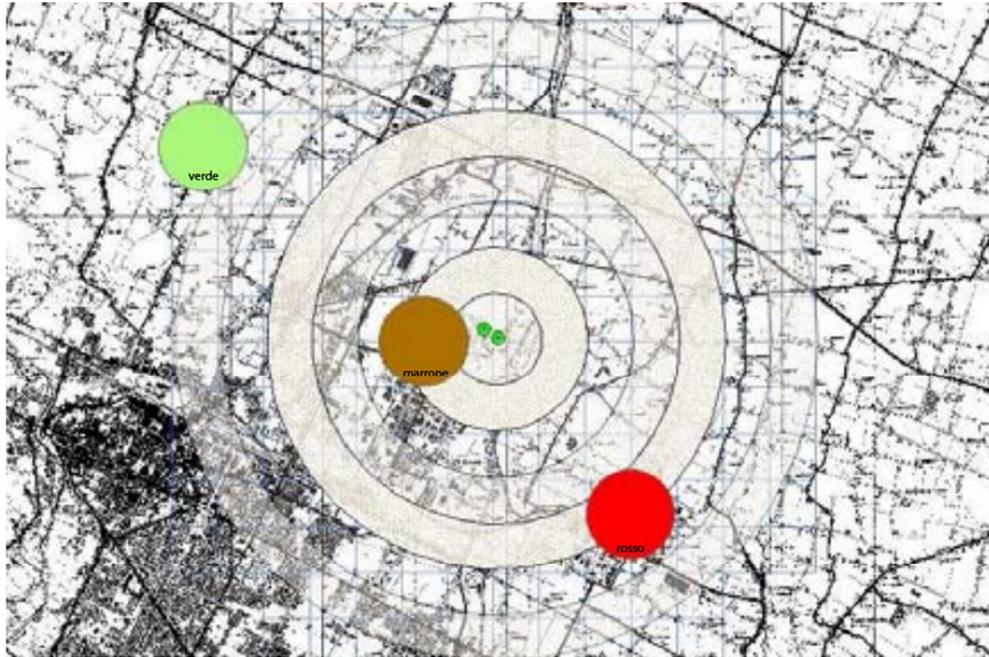


Figura 18 – Punti di ricaduta secondo modello ADMS-Urban: max ricaduta degli inceneritori (marrone), min ricaduta inceneritori (verde), max ricaduta di tutte le fonti (rosso)

#### 4.1 Analisi socio-sanitaria

Tra gli appartenenti ad ogni anello di residenza, sono state calcolate le percentuali di individui che sono ininterrottamente stati residenti nel medesimo, e quelli che vi hanno risieduto per meno di 5 anni (si ritiene in tal caso meno significativo). I periodi considerati per ogni soggetto hanno punto di partenza o 01/01/1990 (inizio dei riferimenti di registro) o data di subentro in residenza, e punto finale o nella data finale del follow up o in quella di morte: in tal modo i gruppi considerati sono sia quello comprendente tutti gli individui, sia il suo sottoinsieme considerato particolarmente significativo dei soggetti presenti fin dall'inizio o subentrati con permanenza superiore ai 5 anni.

Il dato prodotto sono gli anni-persona, utilizzato separatamente per la valutazione di ogni causa dell'incidenza di tumori, considerando i

soggetti con un tumore incidente per altre cause a rischio per la causa in esame, mentre nel caso di tumori ripetuti per una stessa causa e per lo stesso individuo è stato considerato solo il primo.

Analogamente, l'analisi dei ricoveri ospedalieri sono stati definiti scegliendo i ricoveri ordinari acuti per le patologie Infarto Miocardico Acuto (IMA), Angina, Scompenso Cardiaco Congestizio (SCC), Broncopneumatia Cronica Ostruttiva (BPCO), Infezioni respiratorie acute, Asma, Malattie renali, Aborti spontanei. Per ognuna delle cause si sono fatti confronti con valori medi della popolazione della Romagna, calcolando i rapporti standardizzati di mortalità (SMR), incidenza e ricovero col metodo indiretto. E' stato poi anche considerato l'anello 5 più distante dall'impianto come valore di riferimento per l'area in esame, e di conseguenza paragonati ai suoi valori quelli degli altri anelli, per ognuno dei quali è stato determinato il tasso standardizzato di mortalità, di incidenza tumori, di ricovero rispetto allo standard regionale e i rischi relativi con un modello di regressione di Poisson diviso per classi di età.

La popolazione è risultata ammontare a 39586 individui con prevalenza femminile (20179 donne, 19407 uomini) che originano un ammontare di 420667 anni-persona. La percentuale di uomini è maggiore nel primo anello (51%) e decresce fino all'anello più esterno (48%) mentre la distribuzione per classi di età è omogenea. Riguardo la mobilità, si distingue tra fissi (crescenti all'aumentare della distanza dal termovalorizzatore con divario massimo relativo di oltre 10 punti percentuali) e mobili (nel caso di almeno un cambio di residenza).

E' inoltre stata redatta una descrizione e suddivisione della popolazione "coorte" in base al livello socioeconomico per anello di residenza: si nota che nell'anello più vicino sono prevalenti le fasce

più basse, mentre in quello più distante prevalgono quelle medie e medioalte.

Per quanto riguarda l'intera popolazione indipendentemente dall'anello di residenza, si osserva una mortalità inferiore all'atteso per tutte le cause sia negli uomini che nelle donne (SMR rispettivamente 91 e 92, IC rispettivamente 95%=87-96 e 95%=87-96), e una mortalità per tumori totali non diversa dall'atteso. C'è un eccesso significativo statisticamente mortalità per tumore della pleura per gli uomini (SMR=364, IC 95%=166-691) e di tumore della vescica nelle donne (SMR=176, IC 95%=101-286); si nota un eccesso di sarcomi dei tessuti molli nelle donne ai limiti della significatività statistica (SMR=304, IC 95%=103-127). I rapporti di incidenza (SIR) tumori mostrano negli uomini un eccesso di tumore della pleura (SIR=214, IC 95%=103-394) e dei tumori della mammella nelle donne (SIR=115, IC 95%=103-127); negli uomini i tumori maligni risultano significativamente inferiori all'atteso. Per i ricoveri non si osservano eccessi rispetto all'atteso.

Sono poi analizzati i confronti di mortalità per causa specifica dei residenti nei 5 anelli, utilizzando il più esterno come riferimento, e valutando per ogni causa il tasso diretto e tra parentesi il numero, e nella seconda riga il rischio relativo calcolato secondo Poisson aggiustato per genere e fascia di età. Per gli uomini si registra una mortalità per tutte le cause inferiore a quella dell'anello più esterno (RR=0,73), in parte causato dalle malattie cardiovascolari (RR=0,44) e in particolare ischemiche (RR=0,11); inoltre si registra una sottomortalità per tutti i tumori nel secondo anello (RR=0,78). Per gli altri anelli e le altre cause non risultano differenze rispetto all'anello 5 di riferimento. Per le donne residenti nel primo anello si osserva un aumento della mortalità per tumore maligno del colon retto (RR=3,15)

e per le malattie cardiovascolari (RR=1,48); inoltre si registra un aumento di tumori della mammella al limite della significatività statistica (RR=2,51; IC 95%=0,98-6,44).

Per quanto riguarda i confronti sui dati dell'incidenza dei tumori, sia per gli uomini che per le donne risulta una mortalità per tumori totali pari a quella dell'area di riferimento, mentre per le donne residenti nell'anello 1 si è riscontrato un eccesso statisticamente significativo di tumore del colon retto (RR=2,58) presente anche tra le residenti nell'anello 2 (RR=1,61) e nell'anello 3 (RR=2,31). Dai dati sui confronti dei ricoveri ospedalieri catalogati per patologia, gli uomini del primo e secondo anello presentano eccesso significativo di angina (RR=1,93) e RR=1,62), BPCO (broncopneumopatia cronica ostruttiva, RR=1,74) e asma negli adulti (RR=4,1). Le donne del primo anello presentano un eccesso di scompenso cardiaco congestizio (RR=2,79) e di infezioni respiratorie acute (RR=1,93).

#### 4.2 Analisi sul sottoinsieme di residenti da almeno 5 anni

	Anello 1		Anello 2		Anello 3		Anello 4		Anello 5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Uomini (%)</b>	450	3,0	2.595	17,1	2.907	19,2	2.962	19,5	6.240	41,2
<b>Età</b>										
0-14	78	17,3	453	17,5	605	20,8	530	17,9	1.087	17,4
15-39	165	36,7	969	37,3	1.160	39,9	1.080	36,5	2.334	37,4
40-64	158	35,1	842	32,4	828	28,5	949	32,0	2.016	32,3
65-74	31	6,9	194	7,5	200	6,9	245	8,3	474	7,6
75+	18	4,0	137	5,3	114	3,9	158	5,3	329	5,3
<b>Mobilità</b>										
Fissi	228	50,7	1.438	55,4	1.628	56,0	1.878	63,4	4.025	64,5
Mobili	222	49,3	1.157	44,6	1.279	44,0	1.084	36,6	2.215	35,5
<b>Durata residenza</b>										
< 5 anni	46	10,2	252	9,7	273	9,4	331	11,2	907	14,5
≥ 5 anni	404	89,8	2.343	90,3	2.634	90,6	2.631	88,8	5.333	85,5
<b>Luogo nascita</b>										
In regione	411	91,3	2.351	90,6	2.518	86,6	2.577	87,0	5.259	84,3
Fuori regione	39	8,7	244	9,4	389	13,4	385	13,0	981	15,7
<b>Anni persona</b>	4.829		28.906		31.433		33.590		70.734	

Tabella 21 – Caratteristiche dei residenti uomini nell'area di Coriano

	Anello 1		Anello 2		Anello 3		Anello 4		Anello 5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Donne (%)</b>	441	2,7	2.640	16,3	2.967	18,3	3.248	20,1	6.897	42,6
<b>Età</b>										
0-14	59	13,4	416	15,8	540	18,2	523	16,1	1.044	15,1
15-39	148	33,6	984	37,3	1.158	39,0	1.156	35,6	2.431	35,2
40-64	162	36,7	838	31,7	876	29,5	967	29,8	2.187	31,7
65-74	32	7,3	207	7,8	200	6,7	327	10,1	652	9,5
75+	40	9,1	195	7,4	193	6,5	275	8,5	583	8,5
<b>Mobilità</b>										
Fissi	219	49,7	1.415	53,6	1.710	57,6	2.070	63,7	4.551	66,0
Mobili	222	50,3	1.225	46,4	1.257	42,4	1.178	36,3	2.346	34,0
<b>Durata residenza</b>										
< 5 anni	35	7,9	214	8,1	265	8,9	351	10,8	924	13,4
≥ 5 anni	406	92,1	2.426	91,9	2.702	91,1	2.897	89,2	5.973	86,6
<b>Luogo nascita</b>										
In regione	400	90,7	2.368	89,7	2.629	88,6	2.814	86,6	5.841	84,7
Fuori regione	41	9,3	272	10,3	338	11,4	434	13,4	1.056	15,3
<b>Anni persona</b>	4458		29.957		33.429		37.462		79.902	

Tabella 22 – Caratteristiche delle residenti donne nell'area di Coriano

Dai dati emersi dalle classificazioni riportate in tabella, i residenti per almeno 5 anni o residenti al 01/01/1990 risultano 31.347 con prevalenza di donne (16.193 vs 15.154) e costituenti un ammontare totale di 354.700 anni-persona. Un aspetto rilevante è che pur essendo la distribuzione per classi di età simile a quella della coorte totale, la percentuale di residenti che hanno sempre abitato nello stesso anello rispetto alla coorte totale è crescente all'aumentare della distanza dall'inceneritore. I confronti della mortalità con la Romagna confermano i risultati dell'analisi condotta su tutti i residenti, con limiti di confidenza più ampi: l'incidenza (Tab.23) del tumore alla pleura è l'unico eccesso significativo, mentre per i ricoveri non si riscontrano eccessi statisticamente significativi.

Causa	Uomini					Donne				
	OSS	ATT	SIR	IC 95%		OSS	ATT	SIR	IC 95%	
Tumori maligni	1124	1418	86	82	91	1166	1187	98	93	104
Tumori maligni esclusi alla pelle	1110	1206	92	87	98	1054	1021	103	97	110
Stomaco	105	124	85	69	102	85	98	86	69	107
Colon retto	145	168	86	73	101	134	152	88	74	104
Fegato	24	26	91	58	135	14	14	101	55	170
Laringe	30	32	93	62	132	5	3	158	51	370
Bronchi e polmoni	223	234	95	83	109	52	57	92	68	120
Maligno pleura	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>220</b>	<b>105</b>	<b>404</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>154</b>	<b>32</b>	<b>450</b>
Sarcoma tessuti molli	8	6	144	62	284	5	5	96	31	225
Mammella	1	-	-	-	-	333	293	113	102	126
Prostata	198	203	97	84	112	-	-	-	-	-
Vescica	127	137,6	92	77	110	26	32	81	53	119
Sist.nervoso centrale	28	20	137	91	198	21	17	122	75	186
Linfomi non Hodgkin	54	51	105	79	137	42	40	104	75	141
Morbo di Hodgkin	6	6	105	38	227	8	5	150	65	296
Leucemie	45	40	113	83	152	33	29	115	79	162
Mieloma	29	23	129	86	185	20	20	100	61	154

Tabella 23 – Rapporti standardizzati indiretti (SIR) di incidenza tumori nei residenti per almeno 5 anni. OSS=osservati, ATT=attesi, IC 95% rispetto alla Romagna

Causa	Anello (km)				
	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Tutte le cause	84,1 (38)	99,8 (300)	98,6 (279)	104,3 (378)	107,2 (758)
RR(IC 95%)	0,80(0,57-1,10)	0,93(0,82-1,07)	0,92(0,80-1,05)	0,97(0,86-1,10)	1
Tumori totali	32,7 (15)	33,7 (101)	39,8 (113)	39,5 (140)	42,4 (300)
RR(IC 95%)	0,78(0,46-1,31)	0,80(0,64-1,00)	0,94(0,76-1,16)	0,92(0,76-1,13)	1
Stomaco	6,2 (3)	3,6 (11)	4,6 (13)	4,0 (15)	3,8 (27)
RR(IC 95%)	1,76(0,53-5,79)	0,96(0,47-1,93)	1,20(0,62-2,33)	1,07(0,57-2,02)	1
Colon retto	4,5 (2)	5,3 (16)	5,0 (14)	2,5 (9)	3,3 (23)
RR(IC 95%)	1,36(0,32-5,76)	1,64(0,87-3,11)	1,53(0,79-2,98)	0,77(0,36-1,67)	1
Fegato	0	1,0 (3)	1,4 (4)	2,5 (9)	1,1 (8)
RR(IC 95%)		0,90(0,24-3,39)	1,26(0,38-4,18)	2,23(0,86-5,79)	1
Laringe	0	0,4 (1)	0,4 (1)	0,5 (2)	1,0 (7)
RR(IC 95%)		0,34(0,04-2,78)	0,35(0,04-2,88)	0,58(0,12-2,79)	1
Bronchi e polmoni	11,4 (5)	9,5 (28)	12,0 (34)	11,1 (39)	10,2 (72)
RR(IC 95%)	1,07(0,43-2,64)	0,93(0,60-1,44)	1,17(0,78-1,76)	1,09(0,74-1,61)	1
Maligno pleura	0	0,3 (1)	0	0,3 (1)	1,0 (7)

<i>RR(IC 95%)</i>		0,35(0,04-2,85)		0,30(0,04-2,40)	1
Sarcoma tessuti molli	0	0	0	0	0,3 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Mammella	0	0	0	0	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Prostata	2,2 (1)	4,7 (14)	3,2 (9)	3,8 (14)	2,7 (19)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,86(0,12-6,46)	1,73(0,87-3,45)	1,20(0,54-2,65)	1,40(0,70-2,79)	1
Vescica	6,6 (3)	2,7 (8)	2,5 (7)	1,1 (4)	3,0 (21)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,26(0,67-7,58)	0,90(0,40-2,03)	0,84(0,36-1,97)	0,37(0,13-1,07)	1
Sist.nervos o centrale	1,9 (1)	0	1,0 (3)	0,3 (1)	1,0 (7)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,10(0,26-17,1)		1,03(0,27-3,97)	0,30(0,04-2,41)	1
Linfomi non Hodgkin	0	0,3 (1)	1,4 (4)	2,0 (7)	1,7 (12)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,20(0,03-1,54)	0,82(0,27-2,56)	1,19(0,47-3,03)	1
Morbo Hodgkin	0	0	0	0	0,3 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Leucemie	0	0,7 (2)	1,8 (5)	2,0 (7)	1,7 (12)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,40(0,09-1,77)	1,03(0,36-2,93)	1,16(0,46-2,96)	1
Mieloma	0	0,3 (1)	0,3 (1)	0,8 (3)	1,0 (7)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,34(0,04-2,76)	0,36(0,04-2,89)	0,85(0,22-3,29)	1
M.della tiroide	0	0	0	0	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Diabete	2,2 (1)	3,0(9)	1,1 (3)	1,9 (7)	1,6 (11)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,42(0,18-11,04)	1,94(0,80-4,67)	0,68(0,19-2,45)	1,24(0,48-3,20)	1
M.cardio vascolari	21,4 (9)	38,0 (115)	37,0 (104)	40,6 (150)	40,0 (283)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,52(0,27-1,00)	0,95(0,77-1,18)	0,93(0,74-1,16)	1,01(0,83-1,23)	1
M. ischemiche	2,2 (1)	14,6 (44)	15,3 (43)	17,3 (64)	18,4 (283)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,12(0,02-0,88)	0,80(0,57-1,12)	0,83(0,59-1,17)	0,95(0,71-1,29)	1
M. respiratorie	7,2 (3)	4,0 (12)	4,0 (11)	5,3 (20)	4,8 (34)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,48(0,46-4,84)	0,82(0,42-1,58)	0,82(0,42-1,63)	1,09(0,63-1,90)	1
M.resp acute	5,0 (2)	1,3 (4)	0,7 (2)	1,5 (6)	1,1 (8)
<i>RR(IC 95%)</i>	4,33(0,92-20,41)	1,14(0,34-3,78)	0,64(0,14-3,02)	1,36(0,47-3,92)	1
M. polm. Croniche	2,3 (1)	2,0 (6)	3,3 (9)	2,7 (10)	3,1 (22)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,76(0,10-5,67)	0,64(0,26-1,57)	1,04(0,48-2,26)	0,85(0,40-1,79)	1
Asma	0	0	0	0	0,4 (3)
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Malattie rene	2,2 (1)	1,3 (4)	0	0,5 (2)	0,6 (4)
<i>RR(IC 95%)</i>	4,40(0,49-39,4)	2,28(0,57-9,10)		0,90(0,17-4,93)	1

Tabella 24 – Tassi standardizzati per 10.000 abitanti (n. morti tra parentesi) nell'area di studio e anello di residenza. RR rischi relativi e intervalli di confidenza al 95%. Uomini con residenza ≥ 5 anni

	Anello (km)				
Causa	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Tutte le cause	140,7 (52)	100,6 (264)	88,8 (247)	94,1 (350)	92,8 (741)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,46(1,11-1,94)	1,08(0,94-1,24)	0,95(0,83-1,10)	1,01(0,89-1,15)	1
Tumori totali	42,3 (16)	30,6 (83)	32,9 (93)	26,8 (102)	28,8 (230)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,38(0,83-2,30)	1,05(0,82-1,36)	1,13(0,89-1,44)	0,94(0,74-1,18)	1
Stomaco	2,7 (1)	3,9 (10)	7,8 (22)	1,8 (7)	2,6 (21)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,98(0,13-7,30)	1,43(0,67-3,04)	2,97(1,63-5,41)	0,71(0,30-1,68)	1
Colon retto	9,6 (4)	2,9 (8)	4,2 (12)	2,8 (11)	2,6 (21)
<i>RR(IC 95%)</i>	3,79(1,30-11,06)	1,11(0,49-2,50)	1,62(0,80-3,30)	1,08(0,52-2,24)	1
Fegato	0	1,2 (3)	0,4 (1)	0,8 (3)	0,5 (4)
<i>RR(IC 95%)</i>		2,28(0,51-10,21)	0,73(0,08-6,53)	1,55(0,35-6,95)	1
Laringe	0	0	0,4 (1)	0,3 (1)	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Bronchi e polmoni	2,9 (1)	3,4 (9)	1,4 (4)	2,4 (9)	2,3 (18)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,12(0,15-8,41)	1,46(0,65-3,25)	0,63(0,21-1,85)	1,02(0,46-2,28)	1
Maligno pleura	0	0	0	0,3 (1)	0,4 (3)
<i>RR(IC 95%)</i>				0,65(0,07-6,28)	1
Sarcoma tessuti molli	0	0,7 (2)	0,4 (1)	0,2 (1)	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Mammella	13,3 (5)	3,8 (11)	4,3 (12)	4,0 (15)	3,9 (31)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,97(1,15-7,65)	1,01(0,51-2,01)	1,04(0,54-2,03)	1,04(0,56-1,93)	1
Prostata	0	0	0	0	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Vescica	0	0,7 (2)	0,4 (1)	1,5 (6)	0,8 (6)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,97(0,20-4,83)	0,48(0,06-3,95)	2,09(0,67-6,47)	1
Sist.nervoso centrale	0	0,7 (2)	1,8 (5)	0	0,9 (7)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,82(0,17-3,95)	1,99(0,63-6,28)		1
Linfomi non Hodgkin	2,7 (1)	1,1 (3)	0,3 (1)	0,8 (3)	1,4 (11)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,88(0,24-14,59)	0,79(0,22-2,83)	0,25(0,03-1,95)	0,57(0,16-2,05)	1
Morbo Hodgkin	0	0	0	0	0,3 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Leucemie	2,7 (1)	1,1 (3)	1,7 (5)	1,1 (4)	0,9 (7)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,75(0,34-22,35)	1,26(0,33-4,88)	1,96(0,62-6,17)	1,25(0,37-4,27)	1
Mieloma	0	1,5 (4)	0	0,5 (2)	0,5 (4)
<i>RR(IC 95%)</i>		2,93(0,73-11,74)		1,08(0,20-5,91)	1
M.della tiroide	0	0,4 (1)	0	0	0
<i>RR(IC 95%)</i>					1
Diabete	8,2 (3)	0	4,4 (12)	2,0 (8)	2,0 (16)
<i>RR(IC 95%)</i>	4,11(1,20-14,12)		2,20(1,04-4,65)	1,04(0,45-2,44)	1

M.cardio vascolari	62,8 (23)	48,2 (124)	33,4 (92)	39,4 (144)	39,9 (319)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,55(1,01-2,37)	1,21(0,98-1,49)	0,84(0,66-1,05)	0,98(0,81-1,20)	1
M. ischemiche	16,7 (6)	16,0 (41)	13,6 (37)	12,8 (47)	15,4 (123)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,06(0,47-2,39)	1,04(0,73-1,48)	0,88(0,61-1,27)	0,82(0,59-1,15)	1
M. respiratorie	2,7 (1)	3,9 (10)	4,0 (11)	4,0 (15)	4,8 (38)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,57(0,08-4,14)	0,82(0,41-1,64)	0,85(0,43-1,66)	0,84(0,46-1,53)	1
M.resp acute	2,7 (1)	2,0 (5)	1,5 (4)	1,8 (7)	1,6 (13)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,69(0,22-12,91)	1,20(0,43-3,38)	0,89(0,29-2,74)	1,18(0,47-2,95)	1
M. pulm. Croniche	0	1,5 (4)	2,5 (7)	1,4 (5)	2,5 (20)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,61(0,21-1,79)	1,02(0,43-2,42)	0,52(0,20-1,40)	1
Asma	0	0,4 (1)	0,3 (1)	0	0,4 (3)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,01(0,10-9,72)	0,97(0,10-9,37)		1
Malattie rene	0	0,7 (2)	0,7 (2)	0,8 (3)	0,8 (6)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,01(0,20-5,02)	0,95(0,19-4,68)	1,11(0,28-4,44)	1

Tabella 25 – Tassi standardizzati per 10.000 abitanti (n. morti tra parentesi) nell'area di studio e anello di residenza. RR rischi relativi e intervalli di confidenza al 95%. Donne con residenza ≥ 5 anni

Dati ulteriori in Tab.24 e 25 vengono dai risultati dei confronti della mortalità suddivisa per causa utilizzando l'anello 5 come riferimento: per gli uomini viene confermato il dato relativo all'intera coorte eccetto che il dato della minor mortalità emerso precedentemente non risulta statisticamente significativo. Per le donne si conferma l'eccesso significativo di mortalità per l'anello 1, con rischi relativi superiori alla coorte totale (colon retto  $RR=3,79$  e malattie cardiovascolari  $RR=4,11$ ). In ulteriori tabelle (Tab. 26 e 27) viene riportato come l'incidenza di tumori per causa specifica dei residenti nei 5 anelli, col quinto come riferimento, non si distacca dai risultati emersi per l'intera coorte. Inoltre l'analisi dei ricoveri conferma l'eccesso negli uomini di angina e nelle donne di scompenso cardiaco congestizio nel primo anello (Tab. 28 e 29).

Causa	Anello (km)				
	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Totale tumori maligni	70,1 (32)	69,3 (199)	70,2 (198)	78,6 (263)	76,4 (526)
RR(IC 95%)	0,90(0,63-1,29)	0,91(0,77-1,07)	0,92(0,78-1,08)	1,03(0,89-1,19)	1
Totale tumori maligni esclusi pelle	62,9 (29)	61,5 (178)	62,1 (175)	68,0 (230)	67,9 (471)
RR(IC 95%)	0,92(0,63-1,34)	0,91(0,76-1,08)	0,91(0,77-1,08)	1,00(0,85-1,17)	1
Stomaco	9,0 (4)	6,4 (19)	7,4 (21)	7,0 (25)	5,0 (35)
RR(IC 95%)	1,77(0,63-4,98)	1,30(0,74-2,27)	1,50(0,87-2,58)	1,42(0,85-2,38)	1
Colon retto	13,1 (6)	9,8 (29)	8,6 (24)	8,8 (30)	7,8 (55)
RR(IC 95%)	1,67(0,72-3,88)	1,27(0,81-1,99)	1,08(0,67-1,75)	1,11(0,71-1,74)	1
Fegato	0	1,0 (3)	1,4 (4)	1,9 (7)	1,4 (10)
RR(IC 95%)		0,72(0,20-2,61)	1,00(0,31-3,19)	1,39(0,53-3,65)	1
Laringe	0	0,3 (1)	1,0 (3)	0,9 (3)	0,3 (22)
RR(IC 95%)		0,11(0,01-0,82)	0,33(0,10-1,11)	0,28(0,08-0,95)	1
Bronchi e polmoni	15,6 (7)	12,0 (35)	14,2 (40)	13,0 (45)	12,9 (91)
RR(IC 95%)	1,17(0,54-2,52)	0,92(0,62-1,36)	1,09(0,75-1,57)	1,01(0,70-1,44)	1
Maligno pleura	0	0,3 (1)	0	0,6 (2)	1,0 (7)
RR(IC 95%)		0,35(0,04-2,82)		0,60(0,12-2,87)	1
Sarcoma tessuti molli	0	0,4 (1)	0,4 (1)	0	0,7 (5)
RR(IC 95%)		0,48(0,06-4,10)	0,49(0,06-4,22)		1
Mammella	0	0	0,4 (1)	0	0
RR(IC 95%)					
Prostata	13,0 (6)	13,2 (39)	11,3 (32)	13,8 (48)	1,0 (70)
RR(IC 95%)	1,32(0,57-3,03)	1,33(0,90-1,97)	1,13(0,75-1,72)	1,38(0,96-2,00)	1
Vescica	11,0 (5)	9,1 (26)	4,3 (12)	6,7 (23)	8,7 (61)
RR(IC 95%)	1,24(0,50-3,08)	1,03(0,65-1,63)	0,48(0,26-0,89)	0,77(0,48-1,24)	1
Sist.nervoso centrale	1,9 (1)	1,0 (3)	1,7 (5)	1,1 (4)	1,7 (12)
RR(IC 95%)	1,24(0,16-9,51)	0,60(0,17-2,14)	0,99(0,35-2,83)	0,68(0,22-2,12)	1
Linfomi non Hodgkin	2,0 (1)	1,7 (5)	3,4 (10)	3,2 (11)	3,4 (24)
RR(IC 95%)	0,63(0,08-4,63)	0,50(0,19-1,32)	1,00(0,48-2,10)	0,94(0,46-1,93)	1
Morbo Hodgkin	0	0,4 (1)	0,6 (2)	0	0,4 (3)
RR(IC 95%)		0,83(0,09-7,94)	1,49(0,25-8,90)		1
Leucemie	0	1,4 (4)	3,4 (10)	2,8 (10)	2,7 (19)
RR(IC 95%)		0,50(0,17-1,48)	1,28(0,60-2,75)	1,05(0,49-2,25)	1
Mieloma	0	2,7 (8)	0,7 (2)	1,1 (4)	2,0 (14)
RR(IC 95%)		1,37(0,57-3,26)	0,36(0,08-1,56)	0,58(0,19-1,75)	1

Tabella 26 – Tassi standardizzati incidenza tumori per 10.000 abitanti (n. morti tra parentesi) nell'area di studio e anello di residenza. RR rischi relativi, IC intervalli di confidenza al 95%. Uomini con residenza ≥ 5 anni

	Anello (km)				
Causa	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Totale tumori maligni	73,1 (30)	61,1 (167)	66,8 (193)	67,6 (247)	65,6 (509)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,11(0,78-1,60)	0,92(0,77-1,10)	1,01(0,86-1,20)	1,04(0,89-1,21)	1
Totale tumori maligni esclusi pelle	63,2 (26)	54,1 (149)	61,4 (178)	58,3 (215)	59,1 (461)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,05(0,71-1,56)	0,91(0,75-1,09)	1,03(0,87-1,23)	0,99(0,84-1,16)	1
Stomaco	2,7 (1)	5,3 (14)	9,2 (26)	2,8 (11)	4,1 (33)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,61(0,08-4,48)	1,26(0,67-2,35)	2,23(1,33-3,73)	0,70(0,36-1,39)	1
Colon retto	16,8 (6)	8,9 (25)	12,4 (35)	5,9 (23)	5,3 (42)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,73(1,16-6,44)	1,72(1,05-2,83)	2,35(1,50-3,67)	1,15(0,69-1,92)	1
Fegato	0	0,8 (2)	0,4 (1)	0,8 (3)	0,9 (7)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,86 (0,18-4,15)	0,42 (0,05-3,44)	0,86(0,22-3,32)	1
Laringe	0	0,3 (1)	0,4 (1)	0,2 (1)	0,3 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,36(0,12-15,1)	1,26(0,11-13,9)	1,10(0,10-12,1)	1
Bronchi e polmoni	6,5 (3)	2,7 (7)	1,4 (4)	3,2 (12)	3,0 (24)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,50(0,75-8,33)	0,84(0,36-1,95)	0,46(0,16-1,33)	1,03(0,51-2,06)	1
Maligno pleura	0	0	0	0,3 (1)	0,3 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>				0,99(0,09-10,9)	1
Sarcoma tessuti molli	0	0	0,8 (2)	0,5 (2)	0,1 (1)
<i>RR(IC 95%)</i>			5,26(0,48-58,3)	3,92(0,36-43,2)	1
Mammella	16,7 (7)	16,2 (47)	15,7 (49)	18,5 (67)	19,7 (156)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,80(0,38-1,71)	0,82(0,59-1,14)	0,81(0,59-1,12)	0,91(0,68-1,21)	1
Prostata	-	-	-	-	-
<i>RR(IC 95%)</i>					
Vescica	0	2,1 (6)	0,8 (2)	1,5 (6)	1,5 (12)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,42(0,53-3,78)	0,46(0,10-2,04)	1,03(0,39-2,74)	1
Sist.nervoso centrale	0	0,7 (2)	1,7 (5)	0,3 (1)	1,4 (11)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,50(0,11-2,27)	1,18(0,41-3,42)	0,19(0,02-1,48)	1
Linfomi non Hodgkin	3,8 (2)	3,5 (10)	0,3 (1)	1,3 (5)	3,0 (24)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,55(0,37-6,56)	1,16(0,56-2,43)	0,11(0,02-0,83)	0,44(0,17-1,17)	1
Morbo Hodgkin	2,2 (1)	0,3 (1)	0,2 (1)	0,5 (2)	0,4 (3)
<i>RR(IC 95%)</i>	6,06(0,63-58,3)	0,88(0,09-8,48)	0,77(0,08-7,46)	1,40(0,23-8,37)	1
Leucemie	1,6 (1)	1,2 (3)	2,0 (6)	2,1 (8)	1,4 (11)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,72(0,22-13,4)	0,79(0,22-2,82)	1,46(0,54-3,95)	1,56(0,63-3,87)	1
Mieloma	0	1,4 (4)	0,7 (2)	1,3 (5)	1,1 (9)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,25(0,39-4,06)	0,60(0,13-2,77)	1,20(0,40-3,58)	1

Tabella 27 – Tassi standardizzati incidenza tumori per 10.000 abitanti (n. morti tra parentesi) nell'area di studio e anello di residenza. RR rischi relativi, IC intervalli di confidenza al 95%. Donne con resid. ≥ 5 anni

Causa	Anello (km)				
	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Infarto Miocardico acuto	1,78 (3)	2,72 (24)	2,93 (27)	2,66 (27)	2,70 (57)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,66(0,21-2,12)	0,99(0,62-1,60)	1,10(0,70-1,74)	0,99(0,63-1,56)	1
Angina	<b>7,54 (12)</b>	<b>6,80 (59)</b>	<b>4,17 (37)</b>	<b>5,00 (51)</b>	<b>4,05 (85)</b>
<i>RR(IC 95%)</i>	1,88 (1,02-3,43)	1,66(1,19-2,31)	1,03(0,70-1,51)	1,25(0,88-1,77)	1
Scomp.Car d.Congestio *	1,91 (3)	2,51 (23)	1,67 (15)	3,38 (35)	3,17 (67)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,57(0,18-1,81)	0,80(0,50-1,28)	0,52(0,30-0,82)	1,05(0,70-1,59)	1
Scomp.Car d.Congestio **	2,53 (4)	3,82 (34)	2,66 (26)	5,00 (50)	4,60 (97)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,53(0,19-1,43)	0,82(0,55-1,21)	0,63(0,41-0,97)	1,04(0,74-1,46)	1
BPCO *	5,10 (8)	2,66 (24)	3,33 (30)	3,17 (33)	2,66 (56)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,86(0,89-3,90)	1,00(0,62-1,61)	1,27(0,81-1,97)	1,20(0,78-1,85)	1
BPCO **	10,01 (16)	8,21 (73)	7,47 (66)	7,30 (74)	6,72 (140)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,47(0,88-2,47)	1,22(0,92-1,62)	1,12(0,84-1,51)	1,09(0,76-1,45)	1
Infezioni Respiratori e Acute	5,01 (12)	2,86 (40)	3,40 (50)	3,75 (61)	3,58 (120)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,35(0,75-2,45)	0,79(0,55-1,14)	0,94(0,68-1,31)	1,03(0,76-1,41)	1
Asma 0-14 anni *	0	1,70 (2)	1,55 (3)	1,43 (2)	0,68 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>		2,49(0,35-17,6)	2,26(0,38-13,5)	2,08(0,29-14,8)	1
Asma 0-14 anni **	4,98 (1)	1,70 (2)	1,55 (3)	1,43 (2)	0,68 (2)
<i>RR(IC 95%)</i>	7,25(0,65-79,9)	2,49(0,35-17,6)	2,26(0,38-13,5)	2,09(0,29-14,8)	1
Asma 15-64 *	0	0,10 (1)	0,17 (2)	0,18 (2)	0,16 (4)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,60(0,07-5,39)	1,07(0,20-5,84)	1,09(0,20-5,94)	1
Asma 15-64 **	1,07 (2)	0,10 (1)	0,27 (3)	0,34 (4)	0,33 (8)
<i>RR(IC 95%)</i>	3,26(0,69-15,4)	0,30(0,04-2,41)	0,80(0,21-3,03)	1,07(0,32-3,56)	1
Malattie renali *	0	0,43 (6)	0,41 (6)	0,59 (10)	0,62 (21)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,67(0,27-1,67)	0,66(0,27-1,65)	0,97(0,46-2,07)	1
Malattie renali **	0,90 (2)	1,48 (21)	1,71 (24)	2,87 (48)	1,87 (63)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,42(0,10-1,72)	0,80(0,49-1,30)	0,95(0,59-1,52)	1,54(1,06-2,24)	1

Tab 28 – Tassi standardizzati di ricoveri per 1000 abitanti (n. di ricoveri tra parentesi) nell'area di studio. RR rischi relativi, Ic intervalli di confidenza al 95%. Uomini con residenza ≥ 5 anni

Causa	Anello (km)				
	1 (<1km)	2 (1-2km)	3 (2-2,5km)	4 (2,5-3km)	5 (3-3,5km)
Infarto Miocardico acuto	0,52 (1)	1,25 (11)	1,03 (9)	0,89 (11)	0,99 (24)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,74(0,10-5,48)	1,26(0,62-2,57)	1,03(0,48-2,23)	0,95(0,46-1,94)	1
Angina	2,61 (3)	3,55 (31)	2,11 (20)	2,74 (32)	2,62 (63)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,85(0,27-2,69)	1,34(0,87-2,06)	0,85(0,52-1,41)	1,05(0,69-1,61)	1
Scomp.Car d.Congestizio *	6,24 (7)	2,48 (21)	3,12 (25)	1,76 (22)	1,74 (42)
<i>RR(IC 95%)</i>	3,56(1,60-7,92)	1,44(0,86-2,44)	1,77(1,08-2,90)	1,03(0,61-1,72)	1
Scomp.Car d.Congestizio **	4,62 (7)	2,89 (27)	2,93 (30)	2,72 (31)	2,57 (62)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,38(1,09-5,21)	1,25(0,80-1,97)	1,43(0,93-2,21)	0,98(0,64-1,51)	1
BPCO *	0,48 (1)	1,01 (9)	1,82 (16)	1,87 (21)	2,16 (52)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,33(0,05-2,41)	0,47(0,23-0,95)	0,84(0,48-1,47)	0,83(0,50-1,37)	1
BPCO **	2,23 (3)	3,09 (27)	3,10 (27)	3,42 (39)	3,92 (94)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,56(0,18-1,78)	0,79(0,51-1,21)	0,79(0,51-1,21)	0,84(0,58-1,22)	1
Infezioni Respiratori e Acute	4,86 (11)	3,71 (48)	3,10 (50)	3,95 (71)	2,87 (108)
<i>RR(IC 95%)</i>	1,79(0,96-3,31)	1,26(0,89-1,77)	1,14(0,81-1,59)	1,37(1,02-1,85)	1
Asma 0-14 anni *	0	1,75 (2)	0,61 (1)	0	1,73 (5)
<i>RR(IC 95%)</i>		1,01(0,20-5,18)	0,35(0,07-2,98)		1
Asma 0-14 anni **	0	1,75 (2)	1,21 (2)	0	2,08 (6)
<i>RR(IC 95%)</i>		0,84(0,17-4,15)	0,58(0,12-2,88)		1
Asma 15-64 *	0,92 (2)	0,29 (3)	0,17 (2)	0,38 (4)	0,31 (8)
<i>RR(IC 95%)</i>	3,55(0,75-16,8)	0,96(0,25-3,61)	0,57(0,12-2,67)	1,09(0,33-3,64)	1
Asma 15-64 **	0,92 (2)	0,29 (3)	0,42 (5)	0,57 (6)	0,39 (10)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,83(0,62-12,9)	0,77(0,21-2,79)	1,13(0,39-3,30)	1,31(0,48-3,62)	1
Malattie renali *	0,40 (1)	0,82 (11)	0,56 (9)	0,28 (5)	0,24 (9)
<i>RR(IC 95%)</i>	2,00(0,25-15,8)	3,41(1,41-8,24)	2,52(1,00-6,35)	1,14(0,38-3,41)	1
Malattie renali **	0,96 (2)	2,07 (26)	1,64 (24)	0,94 (17)	1,46 (55)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,69(0,17-2,83)	1,42(0,89-2,27)	1,19(0,74-1,93)	0,63(0,36-1,08)	1
Aborti Spontanei	3,50 (4)	4,63 (32)	4,73 (39)	5,08 (40)	4,31 (75)
<i>RR(IC 95%)</i>	0,84(0,31-2,29)	1,08(0,71-1,63)	1,10(0,75-1,62)	1,19(0,81-1,74)	1

Tab 29 – Tassi standardizzati di ricoveri per 1000 abitanti (n. di ricoveri tra parentesi) nell'area di studio. RR rischi relativi, IC intervalli di confidenza al 95%. Donne con residenza ≥ 5 anni

### **4.3 Analisi per livello di esposizione**

Per determinare i livelli di esposizione delle varie aree ad inquinanti precisi (e correlati alla propria sorgente nella dicitura “inquinamento da inceneritori”) si è fatta una interpolazione spaziale dei dati forniti dal modello ADMS-Urban per i traccianti considerati: in tal modo per ogni punto dell'area di studio è stato definito un valore di metalli pesanti ed NO<sub>2</sub>. Così facendo è stato possibile assegnare ad ogni posizione-residente una quantità stimata di inquinanti a cui viene esposta. Anche in questa analisi sono stati effettuati per tutti gli esiti sanitari come mortalità, incidenza e ricoveri confronti interni all'area utilizzando il primo livello di metalli pesanti o NO<sub>2</sub> come riferimento di concentrazione più basso dell'inquinante. Per ogni livello di esposizione (raggruppati per intervalli) si è assegnato un rischio relativo con un modello di regressione di Poisson aggiustando per classe di età. Bisogna tenere in considerazione che nel confronto di mortalità/morbosità per livello di esposizione bisogna dare peso al livello sociale, parametro che influenza, qualora sia di basso livello, in negativo tali stime, e anche laddove ci sia parità di occorrenza di malattie, le persone di livello socioeconomico più basso tendono ad avere una maggiore frequenza di ricoveri ospedalieri. Appare quindi evidente che nella determinazione degli indici di mortalità, incidenza e ospedalizzazione bisogna tenere conto della composizione socio-demografica delle aree, vanno aggiustati i rischi relativi oltre che per età, anche per composizione sociale.

In base ai dati forniti dal censimento del 1991 e 2001 per l'area di Forlì, è stato definito un indicatore dello stato socioeconomico (SES) di area, costruito considerando le 1116 sezioni di censimento con almeno 20 abitanti, che danno luogo a una media per sezione di 96. Le variabili censuarie sono state scelte per rappresentare diversi fattori che influenzano lo stato sociale quali l'istruzione, l'occupazione, la condizione abitativa, la composizione familiare. Si è quindi costituito un indicatore composito di posizione socioeconomica combinando algebricamente gli indicatori. Sono stati considerati i quintili della distribuzione dell'indicatore composito nelle sezioni ed è stato costruito un indicatore di posizione socioeconomica a 5 livelli. Per disporre di un indicatore sintetico che tenga conto di tutte le dimensioni è stata fatta un'analisi fattoriale per standardizzare i singoli indicatori.

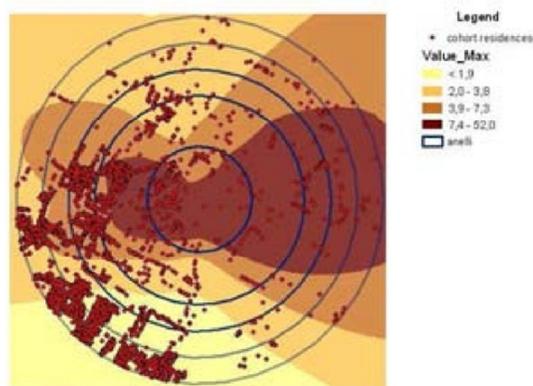


Fig.19 – Mappa di concentrazione di metalli pesanti, sovrapposta alla precedente suddivisione per anelli concentrici

Le mappe che si sono venute a definire a seguito del processo illustrato della definizione individuale (Fig.19) rispecchiano che la distribuzione delle concentrazioni di metalli pesanti con origine dagli inceneritori rispecchia quella delle frequenze annuali di direzione e velocità del vento.

Tra la suddivisione ad anelli concentrici e quella per valori del tracciante degli inceneritori si riscontra una concordanza perfetta per i due livelli estremi in circa il 60% dei casi mentre per i livelli intermedi la distribuzione presenta un trend coerente ai due criteri di classificazione ma più disomogeneo.

Nelle analisi relative alla intera popolazione dell'area (Tab 30) c'è la suddivisione in livelli di esposizione a metalli ed NO<sub>2</sub>, e per ogni categoria viene specificato il numero di anni-persona che rientra in quella categoria.

Età	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Anni persona		
		uomini	donne	totale
Tutte le età	<1,9	70933	78329	149262
	2,0-3,8	49871	54513	104384
	3,9-7,3	60471	63412	123883
	7,4-52,0	21942	21196	43138
	totale	203217	217450	420667
>65 anni	<1,9	10811	15715	26526
	2,0-3,8	8863	13143	22006
	3,9-7,3	8974	12406	21381
	7,4-52,0	3417	3938	7355
	totale	32065	45202	77267

Tab 30 – Anni persona dei residenti nell'area di studio suddivisi nei livelli di esposizione di appartenenza

Tabella ad essa complementare è la Tab. 31/32 dove viene riportata la mortalità suddivisa per tipo di malattia dei residenti suddivisi per livelli di concentrazione degli inquinanti indicatori: viene cioè distinto per ogni causa di morte, per ogni inquinante e per il livello della distribuzione, il numero di morti osservato, il rischio relativo aggiustato per genere e classe di età e gli intervalli di confidenza (IC) al 95%.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totali	<1,9	642	1,00	-	-
	2,0-3,8	527	0,99	0,88	1,11
	3,9-7,3	520	0,95	0,84	1,06
	7,4-52,0	182	0,88	0,74	1,03
Tumori totali	<1,9	249	1,00	-	-
	2,0-3,8	208	1,03	0,85	1,23
	3,9-7,3	198	0,94	0,78	1,14
	7,4-52,0	56	0,70	0,53	0,94
Stomaco	<1,9	24	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	1,04	0,58	1,86
	3,9-7,3	23	1,12	0,63	1,98
	7,4-52,0	6	0,77	0,31	1,88
Colon retto	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	11	0,60	0,29	1,23
	3,9-7,3	26	1,39	0,79	2,45
	7,4-52,0	7	0,98	0,42	2,31
Fegato	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	0,37	0,12	1,13
	3,9-7,3	7	0,63	0,25	1,59
	7,4-52,0	1	-	-	-
Laringe	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,32	0,07	1,53
	3,9-7,3	3	0,46	0,12	1,73
	7,4-52,0	1	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	61	1,00	-	-
	2,0-3,8	64	1,33	0,93	1,88
	3,9-7,3	52	1,03	0,71	1,49
	7,4-52,0	17	0,88	0,52	1,51
Maligno pleura	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	<b>9,39</b>	<b>1,15</b>	<b>76,44</b>
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	0	-	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Prostata	<1,9	16	1,00	-	-
	2,0-3,8	16	1,15	0,57	2,29
	3,9-7,3	23	1,65	0,87	3,12
	7,4-52,0	6	1,14	0,45	2,91

Vescica	<1,9	11	1,00	-	-
	2,0-3,8	16	1,72	0,80	3,70
	3,9-7,3	13	1,38	0,62	3,07
	7,4-52,0	5	1,40	0,49	4,02
Sistema nervoso centrale	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	1,02	0,23	4,54
	3,9-7,3	5	1,54	0,41	5,74
	7,4-52,0	0	-	-	-
Linfomi non Hodgkin	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	5	0,50	0,18	1,40
	3,9-7,3	5	0,47	0,17	1,32
	7,4-52,0	2	0,49	0,11	2,19
Morbo di Hodgkin	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Mieloma	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	0,47	0,12	1,76
	3,9-7,3	2	0,30	0,06	1,39
	7,4-52,0	0	-	-	-
Leucemie	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	1,13	0,46	2,78
	3,9-7,3	7	0,84	0,32	2,20
	7,4-52,0	2	0,63	0,14	2,88
M.della tiroide	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	0	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Diabete	<1,9	9	1,00	-	-
	2,0-3,8	13	<b>1,72</b>	<b>0,74</b>	<b>4,04</b>
	3,9-7,3	10	1,30	0,53	3,21
	7,4-52,0	2	0,69	0,15	3,18
M.cardio vascolari	<1,9	245	1,00	-	-
	2,0-3,8	188	0,90	0,74	1,08
	3,9-7,3	196	0,93	0,77	1,12
	7,4-52,0	67	0,84	0,64	1,10
M. ischemiche	<1,9	115	1,00	-	-
	2,0-3,8	75	0,78	0,58	1,04
	3,9-7,3	80	0,81	0,61	1,08
	7,4-52,0	25	0,67	0,44	1,04
M. respiratorie	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	33	1,67	0,97	2,87

	3,9-7,3	23	1,18	0,66	2,12
	7,4-52,0	6	0,82	0,33	2,01
M. respiratorie acute	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	10	<b>5,39</b>	<b>1,18</b>	<b>24,60</b>
	3,9-7,3	10	<b>5,55</b>	<b>1,22</b>	<b>25,31</b>
	7,4-52,0	2	2,94	0,41	20,90
M.polm. croniche	<1,9	17	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	0,99	0,50	1,99
	3,9-7,3	13	0,87	0,42	1,79
	7,4-52,0	3	0,53	0,16	1,81
Asma	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Malattie del rene	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	0,82	0,18	3,67
	3,9-7,3	2	0,56	0,10	3,05
	7,4-52,0	3	2,22	0,50	9,93

Tab 31 – Mortalità per causa dei residenti uomini per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per >1 caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totali	<1,9	587	1,00	-	-
	2,0-3,8	546	1,11	0,98	1,24
	3,9-7,3	511	1,10	0,98	1,24
	7,4-52,0	177	1,21	1,02	1,43
Tumori totali	<1,9	180	1,00	-	-
	2,0-3,8	156	1,08	0,87	1,34
	3,9-7,3	171	1,21	0,98	1,49
	7,4-52,0	61	1,33	0,99	1,77
Stomaco	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,21	0,59	2,47
	3,9-7,3	29	2,45	1,31	4,57
	7,4-52,0	7	1,86	0,76	4,56
Colon retto	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	17	1,51	0,74	3,07
	3,9-7,3	21	1,91	0,97	3,76
	7,4-52,0	7	1,95	0,79	4,84
Fegato	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,59	0,11	3,23
	3,9-7,3	4	1,27	0,32	5,07

	7,4-52,0	2	2,01	0,37	10,97
Laringe	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	18	1,00	-	-
	2,0-3,8	12	0,84	0,40	1,74
	3,9-7,3	17	1,21	0,62	2,34
	7,4-52,0	4	0,87	0,29	2,56
Maligno pleura	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	2	7,82	0,71	86,34
Mammella	<1,9	24	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	1,14	0,63	2,05
	3,9-7,3	20	1,07	0,59	1,93
	7,4-52,0	12	1,92	0,96	3,84
Vescica	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	1,23	0,31	4,91
	3,9-7,3	5	1,59	0,43	5,93
	7,4-52,0	3	2,95	0,66	13,18
Sistema nervoso centrale	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	1,30	0,32	5,19
	3,9-7,3	6	1,91	0,54	6,78
	7,4-52,0	0	-	-	-
Linfomi non Hodgkin	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	6	0,75	0,27	2,06
	3,9-7,3	2	0,25	0,06	1,15
	7,4-52,0	3	1,17	0,32	4,26
Morbo di Hodgkin	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	0	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Mieloma	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,82	0,14	4,92
	3,9-7,3	2	0,85	0,14	5,09
	7,4-52,0	3	3,93	0,79	19,47
Leucemie	<1,9	5	1,00	-	-

	2,0-3,8	7	1,76	0,56	5,56
	3,9-7,3	7	1,77	0,56	5,57
	7,4-52,0	2	1,56	0,30	8,05
M.della tiroide	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Diabete	<1,9	20	1,00	-	-
	2,0-3,8	8	0,46	0,20	1,05
	3,9-7,3	12	0,76	0,37	1,55
	7,4-52,0	5	1,01	0,38	2,70
M.cardio vascolari	<1,9	232	1,00	-	-
	2,0-3,8	242	1,20	1,00	1,44
	3,9-7,3	212	1,15	0,96	1,39
	7,4-52,0	72	1,27	0,97	1,65
M. ischemiche	<1,9	90	1,00	-	-
	2,0-3,8	77	0,98	0,72	1,33
	3,9-7,3	84	1,18	0,88	1,59
	7,4-52,0	23	1,04	0,66	1,65
M. respiratorie	<1,9	30	1,00	-	-
	2,0-3,8	28	1,08	0,65	1,81
	3,9-7,3	19	0,80	0,45	1,42
	7,4-52,0	4	0,54	0,19	1,54
M. respiratorie acute	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	1,02	0,42	2,52
	3,9-7,3	8	1,01	0,40	2,55
	7,4-52,0	3	1,23	0,34	4,48
M.polm. croniche	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	16	1,26	0,62	2,54
	3,9-7,3	9	0,76	0,33	1,74
	7,4-52,0	1	-	-	-
Asma	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Malattie del rene	<1,9	5	1,00	-	-
	2,0-3,8	5	1,19	0,34	4,12
	3,9-7,3	2	0,51	0,10	2,62
	7,4-52,0	1	-	-	-

Tab 32 – Mortalità per causa delle residenti donne per livelli di concentrazione in aria di m-etalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per >1 caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Come già visto in precedenza, si osserva negli uomini (tab 31) un eccesso statisticamente significativo della frequenza di tumore maligno della pleura limitatamente al secondo livello (della suddivisione in quartili dei valori di inquinanti) con 7 casi e un RR=9,39 oltre ad un aumento delle malattie respiratorie acute in tutti i livelli di metalli pesanti oltre il primo, anche se non c'è relazione proporzionale tra aumento dell'esposizione ed aumento delle malattie. Nelle donne si osserva un eccesso di mortalità per tutte le cause che aumenta all'aumentare della esposizione, statisticamente significativo nel livello più alto (RR=1,21, 177 casi) ed un eccesso di mortalità per tutti i tumori crescente all'aumentare dei livelli di metalli pesanti ma non statisticamente significativo, oltre che un aumento di tumori maligni dello stomaco nel terzo livello (RR=2,45, 29 casi) ed altri eccessi non statisticamente significativi.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tumori maligni totali	<1,9	458	1,00	-	-
	2,0-3,8	357	1,00	0,87	1,15
	3,9-7,3	361	0,95	0,82	1,09
	7,4-52,0	128	0,89	0,73	1,08
Tumori maligni totali esclusi alla pelle	<1,9	414	1,00	-	-
	2,0-3,8	315	0,97	0,84	1,12
	3,9-7,3	321	0,93	0,80	1,08
	7,4-52,0	110	0,84	0,68	1,04
Stomaco	<1,9	31	1,00	-	-
	2,0-3,8	29	1,14	0,69	1,89
	3,9-7,3	36	1,37	0,85	2,22
	7,4-52,0	12	1,21	0,62	2,36
Colon retto	<1,9	49	1,00	-	-
	2,0-3,8	35	0,91	0,59	1,41
	3,9-7,3	50	1,23	0,83	1,83
	7,4-52,0	14	0,91	0,50	1,65

Fegato	<1,9	12	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	0,41	0,13	1,26
	3,9-7,3	9	0,89	0,37	2,11
	7,4-52,0	1	-	-	-
Laringe	<1,9	20	1,00	-	-
	2,0-3,8	6	0,40	0,16	0,99
	3,9-7,3	3	0,18	0,05	0,62
	7,4-52,0	1	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	76	1,00	-	-
	2,0-3,8	75	1,27	0,92	1,75
	3,9-7,3	61	0,97	0,70	1,37
	7,4-52,0	26	1,09	0,70	1,71
Maligno pleura	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	<b>4,86</b>	<b>1,01</b>	<b>23,40</b>
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	0,40	0,04	3,84
	3,9-7,3	2	0,77	0,13	4,61
	7,4-52,0	1	-	-	-
Prostata	<1,9	66	1,00	-	-
	2,0-3,8	57	1,08	0,76	1,54
	3,9-7,3	56	1,02	0,71	1,46
	7,4-52,0	27	1,30	0,83	2,04
Vescica	<1,9	52	1,00	-	-
	2,0-3,8	36	0,90	0,59	1,38
	3,9-7,3	36	0,84	0,55	1,28
	7,4-52,0	14	0,86	0,48	1,56
Sistema nervoso centrale	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	1,49	0,58	3,88
	3,9-7,3	8	1,19	0,45	3,17
	7,4-52,0	4	1,60	0,48	5,31
Linfomi non Hodgkin	<1,9	27	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	0,44	0,21	0,94
	3,9-7,3	12	0,54	0,27	1,06
	7,4-52,0	5	0,60	0,23	1,55
Morbo di Hodgkin	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	1,41	0,28	7,00
	3,9-7,3	3	1,14	0,23	5,63
	7,4-52,0	0	-	-	-
Leucemie	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	13	1,11	0,53	2,33

	3,9-7,3	15	1,19	0,58	2,43
	7,4-52,0	4	0,84	0,28	2,54
Mieloma	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	0,59	0,24	1,46
	3,9-7,3	7	0,56	0,23	1,38
	7,4-52,0	2	0,42	0,10	1,85

Tab 33 – Incidenza di tumori per causa dei residenti uomini per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per >1 caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tumori maligni totali	<1,9	449	1,00	-	-
	2,0-3,8	335	0,97	0,84	1,11
	3,9-7,3	337	0,95	0,82	1,09
	7,4-52,0	115	0,97	0,79	1,20
Tumori maligni totali esclusi alla pelle	<1,9	402	1,00	-	-
	2,0-3,8	300	0,97	0,84	1,13
	3,9-7,3	308	0,97	0,84	1,13
	7,4-52,0	101	0,96	0,77	1,19
Stomaco	<1,9	26	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	0,99	0,56	1,76
	3,9-7,3	34	<b>1,66</b>	<b>1,00</b>	<b>2,77</b>
	7,4-52,0	9	1,37	0,64	2,92
Colon retto	<1,9	35	1,00	-	-
	2,0-3,8	36	1,30	0,82	2,08
	3,9-7,3	55	<b>2,02</b>	<b>1,32</b>	<b>3,09</b>
	7,4-52,0	16	1,78	0,99	3,22
Fegato	<1,9	7	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,34	0,07	1,62
	3,9-7,3	3	0,54	0,14	2,10
	7,4-52,0	2	1,15	0,24	5,53
Laringe	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	19	1,00	-	-
	2,0-3,8	19	1,28	0,67	2,41
	3,9-7,3	18	1,21	0,63	2,30
	7,4-52,0	4	0,81	0,28	2,39
Maligno pleura	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-

	7,4-52,0	0	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	4	4,97	0,56	44,50
	7,4-52,0	0	-	-	-
Mammella	<1,9	137	1,00	-	-
	2,0-3,8	95	0,94	0,72	1,22
	3,9-7,3	88	0,82	0,63	1,07
	7,4-52,0	29	0,79	0,53	1,18
Vescica	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	6	0,77	0,28	2,12
	3,9-7,3	6	0,76	0,28	2,09
	7,4-52,0	5	1,93	0,66	5,64
Sistema nervoso centrale	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	5	0,77	0,28	2,60
	3,9-7,3	7	0,76	0,40	3,06
	7,4-52,0	0	1,93	-	-
Linfomi non Hodgkin	<1,9	18	1,00	-	-
	2,0-3,8	16	1,16	0,59	2,27
	3,9-7,3	6	0,42	0,17	1,07
	7,4-52,0	5	1,06	0,39	2,86
Morbo di Hodgkin	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	4,33	0,45	41,71
	3,9-7,3	2	2,47	0,22	27,22
	7,4-52,0	3	<b>11,08</b>	<b>1,15</b>	<b>106,54</b>
Leucemie	<1,9	9	1,00	-	-
	2,0-3,8	10	1,43	0,58	3,52
	3,9-7,3	9	1,26	0,50	3,17
	7,4-52,0	3	1,29	0,35	4,76
Mieloma	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	0,53	0,17	1,68
	3,9-7,3	4	0,52	0,16	1,64
	7,4-52,0	4	1,52	0,48	4,86

Tab 34 – Incidenza di tumori per causa delle residenti donne per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per >1 caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Con procedimento analogo, in tabella 33 e 34 vi è la medesima distinzione e attribuzione per quanto riguarda l'incidenza di tumori per

uomini e donne; riguardo i ricoveri ospedalieri negli uomini non ci sono valori anomali, mentre per le donne ci sono eccessi significativi (RR=1,32 e RR=1,54) negli ultimi due livelli per le infezioni respiratorie acute e anche per le malattie renali vi sono eccessi, statisticamente significativi solo nel terzo livello di esposizione (RR=1,40; IC 95%=1,03 – 1,90).

Nella Tab 33 e 34, l'analisi dell'incidenza di tumori è coerente con la tabella sulla mortalità, confermando un eccesso di tumore della pleura nel secondo livello (7 casi, RR=4,86) e nelle donne residenti nel terzo livello di tumori dello stomaco (RR=1,66, 34 casi). E del colon retto (RR=2,02, 55 casi); inoltre nelle donne si registra un aumento nell'incidenza di sarcomi (nel terzo livello si hanno 4 casi con un RR=4,97) e di morbo di Hodgkin, crescente all'aumentare dei livelli di metalli pesanti ma statisticamente significativo solo nel valore maggiore di RR=11,1 in 3 casi.

#### Coorte di residenti da almeno 5 anni

Nelle tabelle 35 e 36 sempre analogamente a quanto visto per l'intera coorte, ci sono i confronti della mortalità per causa specifica per residenze maggiori di 5 anni. Da esse risulta, come già riscontrato precedentemente un eccesso di mortalità per tumore maligno della pleura nel secondo livello di metalli pesanti (7 casi; RR=9,8), mentre si osservano eccessi non regolari di malattie respiratorie acute nei livelli superiori al primo. Nelle donne si confermano gli eccessi di mortalità per tutte le cause specie nel quarto livello di esposizione (RR=1,19, 162 casi) ed un eccesso di mortalità per tutti i tumori crescente all'aumentare del livello di metalli pesanti; si conferma

inoltre l'aumento significativo di tumori maligni dello stomaco (terzo livello con 58 casi ed RR=1,37) e della mammella nel livello più alto di metalli pesanti (12 casi, RR=2,1) oltre all'aumento delle malattie cardiovascolari anche se con andamento irregolare.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	601	1,00	-	-
	2,0-3,8	487	1,11	0,99	1,26
	3,9-7,3	491	1,00	0,89	1,13
	7,4-52,0	174	0,94	0,80	1,12
Tumori totali	<1,9	233	1,00	-	-
	2,0-3,8	195	1,15	0,95	1,39
	3,9-7,3	189	0,99	0,82	1,20
	7,4-52,0	52	0,73	0,54	0,98
Stomaco	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	19	1,18	0,64	2,19
	3,9-7,3	22	1,22	0,68	2,21
	7,4-52,0	6	0,89	0,36	2,19
Colon retto	<1,9	20	1,00	-	-
	2,0-3,8	11	0,75	0,36	1,57
	3,9-7,3	26	1,59	0,89	2,84
	7,4-52,0	7	1,14	0,48	2,69
Fegato	<1,9	12	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	0,45	0,15	1,41
	3,9-7,3	7	0,71	0,28	1,80
	7,4-52,0	1	-	-	-
Laringe	<1,9	6	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,47	0,09	2,31
	3,9-7,3	3	0,62	0,16	2,49
	7,4-52,0	0	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	56	1,00	-	-
	2,0-3,8	58	1,43	0,99	2,06
	3,9-7,3	48	1,05	0,72	1,55
	7,4-52,0	16	0,93	0,54	1,63
Maligno pleura	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	<b>9,80</b>	<b>1,21</b>	<b>79,66</b>
	3,9-7,3	0	-	-	-

	7,4-52,0	1	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Prostata	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,47	0,71	3,04
	3,9-7,3	22	1,92	0,98	3,75
	7,4-52,0	6	1,40	0,54	3,63
Vescica	<1,9	11	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,88	0,86	4,08
	3,9-7,3	13	1,45	0,65	3,24
	7,4-52,0	4	1,19	0,38	3,73
Sistema nervoso centrale	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	1,05	0,23	4,69
	3,9-7,3	5	1,54	0,41	5,75
	7,4-52,0	0	-	-	-
Linfomi non Hodgkin	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	0,42	0,14	1,30
	3,9-7,3	5	0,47	0,17	1,32
	7,4-52,0	2	0,50	0,11	2,23
Morbo di Hodgkin	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Mieloma	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,35	0,07	1,63
	3,9-7,3	2	0,31	0,07	1,45
	7,4-52,0	0	-	-	-
Leucemie	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	8	1,10	0,44	2,79
	3,9-7,3	6	0,73	0,27	2,02
	7,4-52,0	2	0,65	0,14	2,98
M.della tiroide	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	0	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Diabete	<1,9	8	1,00	-	-
	2,0-3,8	12	2,05	0,84	5,01
	3,9-7,3	9	1,37	0,53	3,56
	7,4-52,0	2	0,81	0,17	3,83
M.cardio	<1,9	233	1,00	-	-

vascolari	2,0-3,8	174	1,02	0,84	1,24
	3,9-7,3	189	0,99	0,82	1,20
	7,4-52,0	65	0,91	0,69	1,20
M. ischemiche	<1,9	110	1,00	-	-
	2,0-3,8	72	0,90	0,67	1,21
	3,9-7,3	75	0,83	0,62	1,12
	7,4-52,0	25	0,74	0,48	1,14
M. respiratorie	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	30	<b>1,86</b>	<b>1,07</b>	<b>3,22</b>
	3,9-7,3	22	1,22	0,67	2,20
	7,4-52,0	6	0,89	0,36	2,19
M. respiratorie acute	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	<b>6,12</b>	<b>1,32</b>	<b>28,34</b>
	3,9-7,3	9	<b>5,48</b>	<b>1,18</b>	<b>25,34</b>
	7,4-52,0	2	3,25	0,46	23,06
M.polm. croniche	<1,9	17	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,20	0,60	2,41
	3,9-7,3	13	0,93	0,45	1,92
	7,4-52,0	3	0,57	0,17	1,96
Asma	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Malattie del rene	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	1,03	0,23	4,60
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	3	2,45	0,55	10,94

Tab 35 – Mortalità per causa dei residenti uomini con residenza  $\geq 5$  anni per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per >1 caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	538	1,00	-	-
	2,0-3,8	502	1,26	1,11	1,42
	3,9-7,3	452	1,07	1,94	1,21
	7,4-52,0	162	<b>1,19</b>	<b>1,00</b>	<b>1,42</b>
Tumori totali	<1,9	166	1,00	-	-
	2,0-3,8	143	1,18	0,94	1,47
	3,9-7,3	157	1,21	0,97	1,50
	7,4-52,0	58	<b>1,37</b>	<b>1,02</b>	<b>1,85</b>
Stomaco	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	14	1,47	0,69	3,12
	3,9-7,3	27	<b>2,65</b>	<b>1,37</b>	<b>5,13</b>
	7,4-52,0	7	2,11	0,84	5,29
Colon retto	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,45	0,70	3,01
	3,9-7,3	20	1,82	0,92	3,61
	7,4-52,0	7	1,97	0,79	4,87
Fegato	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	4	1,27	0,32	5,09
	7,4-52,0	2	1,98	0,36	10,80
Laringe	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Bronchi e polmoni	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	11	1,00	0,46	2,17
	3,9-7,3	12	1,02	0,48	2,18
	7,4-52,0	3	0,79	0,23	2,72
Maligno pleura	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	0,44	0,05	4,26
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Sarcoma tessuti molli	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	2	-	-	-
Mammella	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	20	1,27	0,69	2,33
	3,9-7,3	20	1,17	0,64	2,15
	7,4-52,0	12	<b>2,10</b>	<b>1,04</b>	<b>4,25</b>

Vescica	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	3	1,01	0,23	4,50
	3,9-7,3	4	1,27	0,32	5,08
	7,4-52,0	3	2,97	0,66	13,28
Sistema nervoso centrale	<1,9	4	1,00	-	-
	2,0-3,8	4	1,37	0,34	5,48
	3,9-7,3	6	1,91	0,54	6,77
	7,4-52,0	0	-	-	-
Linfomi non Hodgkin	<1,9	9	1,00	-	-
	2,0-3,8	5	0,75	0,25	2,24
	3,9-7,3	2	0,28	0,06	1,30
	7,4-52,0	3	1,32	0,36	4,86
Morbo di Hodgkin	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	0	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Mieloma	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	2	0,90	0,15	5,38
	3,9-7,3	2	0,85	0,14	5,08
	7,4-52,0	3	3,95	0,80	19,58
Leucemie	<1,9	5	1,00	-	-
	2,0-3,8	6	1,66	0,51	5,45
	3,9-7,3	7	1,80	0,57	5,67
	7,4-52,0	2	1,55	0,30	8,01
M.della tiroide	<1,9	0	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Diabete	<1,9	16	1,00	-	-
	2,0-3,8	8	0,67	0,28	1,55
	3,9-7,3	10	0,79	0,36	1,74
	7,4-52,0	5	1,25	0,46	3,40
M.cardio vascolari	<1,9	215	1,00	-	-
	2,0-3,8	230	<b>1,43</b>	<b>1,19</b>	<b>1,72</b>
	3,9-7,3	191	1,13	0,93	1,37
	7,4-52,0	66	1,22	0,93	1,61
M. ischemiche	<1,9	82	1,00	-	-
	2,0-3,8	74	1,20	0,88	1,65
	3,9-7,3	76	1,17	0,86	1,60
	7,4-52,0	22	1,07	0,67	1,71
M. respiratorie	<1,9	28	1,00	-	-
	2,0-3,8	27	1,29	0,76	2,18

	3,9-7,3	16	0,72	0,39	1,34
	7,4-52,0	4	0,57	0,20	1,62
M. respiratorie acute	<1,9	10	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	1,20	0,49	2,96
	3,9-7,3	8	1,01	0,40	2,56
	7,4-52,0	3	1,19	0,33	4,33
M.polm. croniche	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,54	0,73	3,24
	3,9-7,3	7	0,68	0,27	1,71
	7,4-52,0	1	-	-	-
Asma	<1,9	3	1,00	-	-
	2,0-3,8	1	-	-	-
	3,9-7,3	1	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
Malattie del rene	<1,9	5	1,00	-	-
	2,0-3,8	5	1,36	0,39	4,69
	3,9-7,3	2	0,51	0,10	2,64
	7,4-52,0	1	-	-	-

Tab 36 – Mortalità per causa delle residenti donna con residenza  $\geq 5$  anni per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti (n.casi osservati, \*rischi relativi aggiustati per età e per  $>1$  caso osservato rispetto al livello di inquinante più basso)

Nelle tabelle 37 e 38 sull'incidenza dei tumori si riporta l'aumento del tumore della pleura e nelle donne l'aumento nel terzo livello di metalli pesanti del tumore dello stomaco e del tumore del colon retto. Negli uomini, come nella corte totale, non ci sono eccessi di ricovero per le patologie considerate mentre per le donne si conferma un aumento delle infezioni respiratorie acute nel livello più alto di metalli pesanti (RR=1,49, 37 casi) e un eccesso di malattie renali nel terzo livello (RR=3,38, 16 casi). Si segnala inoltre al limite della significatività statistica un eccesso di aborti spontanei.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tumori totali	<1,9	436	1,00	-	-
	2,0-3,8	329	0,97	0,84	1,12
	3,9-7,3	336	0,94	0,82	1,09
	7,4-52,0	117	0,86	0,70	1,05
Tumore maligno pleura	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	<b>4,90</b>	<b>1,02</b>	<b>23,61</b>
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-

Tab 37 – Eccesso statisticamente significativo incidenza tumori nella coorte degli uomini residenti da almeno 5 anni

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totale tumori maligni	<1,9	427	1,00	-	-
	2,0-3,8	311	0,95	0,82	1,10
	3,9-7,3	306	0,93	0,80	1,08
	7,4-52,0	102	0,92	0,74	1,14
Stomaco	<1,9	24	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	1,08	0,60	1,94
	3,9-7,3	32	<b>1,74</b>	<b>1,02</b>	<b>2,95</b>
	7,4-52,0	8	1,34	0,60	2,98
Colon retto	<1,9	35	1,00	-	-
	2,0-3,8	32	1,17	0,72	1,89
	3,9-7,3	51	<b>1,93</b>	<b>1,25</b>	<b>2,96</b>
	7,4-52,0	13	1,46	0,77	2,76

Tab 38 – Eccessi statisticamente significativi di incidenza tumori nella coorte delle uomini residenti da almeno 5 anni

#### 4.4 Analisi con aggiustamento per livello socioeconomico del livello di esposizione

Per quanto riguarda l'intera coorte, nelle tabelle 39 e 40 vengono incrociati i dati di livello socioeconomico e di esposizione a metalli pesanti (suddivisi in quartili), e si ha riscontro di una maggiore concentrazione di residenti di SES alto e medio alto nella categoria più bassa di metalli pesanti e di livello basso e medio basso nella categoria più alta.

	Esposizione a metalli pesanti [ng/m <sup>3</sup> ]							
	<1,9		2,0-3,8		3,9-7,3		7,4-52,0	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Livello socioeconomico								
Basso	518	8,0	339	7,4	756	14,3	362	19,5
Medio basso	1381	21,3	587	12,8	2194	41,4	652	35,1
Medio	1760	27,1	1056	23,1	1625	30,6	530	28,5
Medio alto	2057	31,7	1417	31,0	689	13,0	315	16,9
Alto	770	11,9	1173	25,7	38	0,7	0	0,0
Mancante	207		261		465		255	
<b>Totale</b>	<b>6693</b>		<b>4833</b>		<b>5767</b>		<b>2114</b>	

Tab 39 – Distribuzione per livello di esposizione e livello socioeconomico, uomini.

	Esposizione a metalli pesanti [ng/m <sup>3</sup> ]							
	<1,9		2,0-3,8		3,9-7,3		7,4-52,0	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Livello socioeconomico								
Basso	550	8,5	324	7,1	788	14,9	326	17,5
Medio basso	1456	22,4	568	12,4	2214	41,8	607	32,7
Medio	1871	28,8	1116	24,4	1658	31,3	553	29,7
Medio alto	2252	34,7	1515	33,1	808	15,2	313	16,8
Alto	854	13,2	1344	29,4	59	1,1	0	0,0
Mancante	123		237		407		236	
<b>Totale</b>	<b>7106</b>		<b>5104</b>		<b>5934</b>		<b>2035</b>	

Tab 40 – Distribuzione per livello di esposizione e livello socioeconomico, donne.

Nelle tabelle 41 e 42 sono elencati i confronti delle mortalità specifiche dei residenti per livello di concentrazione di metalli pesanti, utilizzando il livello più basso come riferimento e aggiustando, oltre che per età anche per SES. Tali dati indicano che un aumento negli uomini della mortalità per tumore maligno della pleura osservato nella seconda categoria di esposizione è presente ma non più statisticamente significativo, e risultano aumenti di malattie respiratorie acute nel terzo e secondo livello di esposizione. Nelle donne non ci sono differenze di mortalità per tutte le cause, in contrasto con un eccesso evidenziatosi prima dell'aggiustamento, mentre è statisticamente significativo l'eccesso di mortalità per tutti i tumori all'aumentare di metalli pesanti (terzo livello RR=1,25 e quarto livello RR=1,39); per i tumori dello stomaco e del colon retto si ha eccesso significativo nel terzo livello mentre per altre cause si registrano effetti crescenti ma non statisticamente significativi ma comunque indicativi di una relazione crescente all'aumentare del livello di esposizione.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	642	1,00	-	-
	2,0-3,8	527	0,99	0,88	1,11
	3,9-7,3	520	0,94	0,83	1,06
	7,4-52,0	182	0,87	0,73	1,03
Tumore pleura	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	7,83	0,95	64,60
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	0	-	-	-
M.Resp. Acute	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	10	<b>5,15</b>	<b>1,12</b>	<b>23,67</b>
	3,9-7,3	10	<b>6,46</b>	<b>1,37</b>	<b>30,52</b>
	7,4-52,0	2	3,26	0,44	24,37

Tab 40 – Eccessi statisticamente significativi di mortalità per causa nella coorte degli uomini residenti da almeno 5 anni (Rischi relativi rispetto al livello più basso)

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	587	1,00	-	-
	2,0-3,8	546	1,04	0,96	1,13
	3,9-7,3	511	1,02	0,93	1,11
	7,4-52,0	177	<b>1,01</b>	<b>0,90</b>	<b>1,14</b>
Tumori totali	<1,9	180	1,00	-	-
	2,0-3,8	156	1,08	0,87	1,34
	3,9-7,3	171	<b>1,25</b>	<b>1,01</b>	<b>1,55</b>
	7,4-52,0	61	<b>1,39</b>	<b>1,03</b>	<b>1,87</b>
Stomaco	<1,9	15	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,29	0,62	2,69
	3,9-7,3	29	<b>2,37</b>	<b>1,25</b>	<b>4,49</b>
	7,4-52,0	7	1,87	0,75	4,66
Colon retto	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	17	1,43	0,69	2,94
	3,9-7,3	21	<b>2,08</b>	<b>1,03</b>	<b>4,19</b>
	7,4-52,0	7	2,09	0,82	5,31

Tab 41 – Eccessi statisticamente significativi di mortalità per causa nella coorte delle donne residenti da almeno 5 anni (Rischi relativi rispetto al livello più basso)

Con l'aggiustamento SES si mantiene l'aumento di mortalità per malattie cardiovascolari crescente all'aumentare del livello di metalli pesanti, ma i RR non sono più statisticamente significativi.

A seguito dell'aggiustamento SES c'è una tendenza alla riduzione del rischio relativo nell'incidenza di tumori, l'eccesso di tumore alla pleura negli uomini e dello stomaco nelle donne sono ai limiti della significatività statistica mentre c'è aumento statisticamente significativo del tumore del colon retto nelle donne (Tab.42).

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totale tumori maligni	<1,9	449	1,00	-	-
	2,0-3,8	335	0,94	0,81	1,08
	3,9-7,3	337	0,99	0,86	1,15
	7,4-52,0	115	1,02	0,83	1,26
Stomaco	<1,9	26	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	1,04	0,58	1,87
	3,9-7,3	34	1,67	0,99	2,82
	7,4-52,0	9	1,41	0,65	3,04
Colon retto	<1,9	35	1,00	-	-
	2,0-3,8	36	1,28	0,80	2,06
	3,9-7,3	55	<b>2,15</b>	<b>1,38</b>	<b>3,33</b>
	7,4-52,0	16	<b>1,88</b>	<b>1,02</b>	<b>3,45</b>

Tab 42 – Eccessi statisticamente significativi di tumori per causa nella coorte delle donne residenti da almeno 5 anni con aggiustamento SES (Rischi relativi rispetto al livello più basso)

L'analisi dei ricoveri non porta alla luce differenze rispetto alla corrispondente analisi fatta prima dell'aggiustamento SES.

Coorte di residenti da almeno 5 anni

Dall'analisi della mortalità aggiustata per SES riguardo i residenti da almeno 5 anni (Tab.43 e 44) si osservano come già in precedenza eccessi di tumore maligno della pleura negli uomini e nel terzo livello di esposizione eccessi statisticamente significativi di tumore al colon retto (RR=2,07 su 26 casi) e della prostata (22 casi, RR=2,07) e per il resto i risultati sono sovrapponibili a quanto già visto in precedenza.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	601	1,00	-	-
	2,0-3,8	487	1,10	0,98	1,24
	3,9-7,3	491	1,01	0,89	1,14
	7,4-52,0	174	0,96	0,81	1,14
Colon retto	<1,9	20	1,00	-	-
	2,0-3,8	19	0,69	0,33	1,46
	3,9-7,3	22	<b>2,07</b>	<b>1,12</b>	<b>3,83</b>
	7,4-52,0	6	1,50	0,61	3,64
Maligno pleura	<1,9	1	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	9,52	1,18	76,98
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-
Prostata	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,46	0,71	3,03
	3,9-7,3	22	<b>2,07</b>	<b>1,07</b>	<b>4,00</b>
	7,4-52,0	6	1,62	0,65	4,02
M. respiratorie	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	<b>30</b>	<b>1,81</b>	<b>1,05</b>	<b>3,13</b>
	3,9-7,3	22	1,27	0,70	2,32
	7,4-52,0	6	0,90	0,36	2,26
M.resp. acute	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	9	<b>5,31</b>	<b>1,14</b>	<b>24,84</b>
	3,9-7,3	9	<b>8,92</b>	<b>1,86</b>	<b>42,70</b>
	7,4-52,0	2	4,62	0,62	34,44

Tab 43 – Eccessi significativi di mortalità per causa di una coorte di residenti per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti con aggiustamento SES. Numero di casi osservati, rischi relativi rispetto al livello più basso e intervalli di confidenza al 95%. Uomini con residenza ≥ 5 anni

Nell'analoga statistica per le donne (Tab.44) l'aggiustamento SES produce, rispetto all'analogo sull'intera coorte, dei rischi relativi superiori per tutte le cause eccetto per l'eccesso di mortalità per tutte le cause, ora non più statisticamente significativa. L'eccesso di mortalità per tutti i tumori e in particolare per il tumore dello stomaco, osservato per l'analisi non aggiustata, diventa significativo oltre che per il terzo livello (tutti i tipi di tumore: RR=1,26; stomaco RR=2,88) anche per il quarto livello di esposizione (tutti i tumori RR=1,54 e

stomaco RR=2,56), aumentano i RR del tumore del colon retto e diventano significativi per il terzo livello (RR=2,03) e il quarto (RR=2,47). Anche per il tumore della mammella del quarto livello si osserva RR maggiore e statisticamente significativo (RR=2,16).

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Tutte le cause	<1,9	538	1,00	-	-
	2,0-3,8	502	1,17	1,08	1,28
	3,9-7,3	452	1,07	0,98	1,16
	7,4-52,0	162	1,09	0,96	1,23
Tumori totali	<1,9	166	1,00	-	-
	2,0-3,8	143	1,17	0,93	1,47
	3,9-7,3	157	<b>1,26</b>	<b>1,01</b>	<b>1,57</b>
	7,4-52,0	58	<b>1,54</b>	<b>1,15</b>	<b>2,08</b>
Stomaco	<1,9	13	1,00	-	-
	2,0-3,8	14	1,75	0,83	3,69
	3,9-7,3	27	<b>2,88</b>	<b>1,47</b>	<b>5,65</b>
	7,4-52,0	7	<b>2,56</b>	<b>1,04</b>	<b>6,28</b>
Colon retto	<1,9	14	1,00	-	-
	2,0-3,8	15	1,32	0,63	2,79
	3,9-7,3	20	<b>2,03</b>	<b>1,00</b>	<b>4,13</b>
	7,4-52,0	7	<b>2,47</b>	<b>1,00</b>	<b>6,10</b>
Mammella	<1,9	22	1,00	-	-
	2,0-3,8	20	1,21	0,67	2,21
	3,9-7,3	20	1,10	0,60	2,01
	7,4-52,0	12	<b>2,16</b>	<b>1,10</b>	<b>4,27</b>
M. cardio vascolari	<1,9	215	1,00	-	-
	2,0-3,8	230	<b>1,38</b>	<b>1,14</b>	<b>1,66</b>
	3,9-7,3	191	1,20	0,98	1,46
	7,4-52,0	66	1,21	0,91	1,61

Tab 44 – Eccessi significativi di mortalità per causa di una coorte di residenti per livelli di concentrazione in aria di metalli pesanti con aggiustamento SES. Numero di casi osservati, rischi relativi rispetto al livello più basso e intervalli di confidenza al 95%. Donne con residenza ≥ 5 anni

Per quanto riguarda le tabelle sull'incidenza di tumori (Tab.45 e 46), c'è una sostanziale conferma dei risultati ottenuti nella analisi non aggiustata: c'è un aumento del tumore della pleura negli uomini e nelle donne aumenta nel terzo livello di esposizione ai metalli pesanti il

tumore allo stomaco e al colon retto. L'eccesso di sarcomi e morbo di Hodgkin risulta non statisticamente significativo.

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totale tumori maligni	<1,9	436	1,00	-	-
	2,0-3,8	329	0,97	0,84	1,12
	3,9-7,3	336	0,94	0,81	1,09
	7,4-52,0	117	0,85	0,69	1,04
Maligno pleura	<1,9	2	1,00	-	-
	2,0-3,8	7	<b>4,84</b>	<b>1,00</b>	<b>23,47</b>
	3,9-7,3	0	-	-	-
	7,4-52,0	1	-	-	-

Tab 45 – Eccesso significativo di tumore maligno alla pleura negli uomini residenti da più di 5 anni dopo aggiustamento SES

Causa	Metalli [ng/m <sup>3</sup> ]	Osservati	RR*	IC 95%	
				inf	sup
Totale tumori maligni	<1,9	427	1,00	-	-
	2,0-3,8	311	0,92	0,79	1,07
	3,9-7,3	306	0,97	0,83	1,13
	7,4-52,0	102	0,96	0,77	1,20
Stomaco	<1,9	24	1,00	-	-
	2,0-3,8	21	1,16	0,64	2,11
	3,9-7,3	32	<b>1,72</b>	<b>1,00</b>	<b>2,96</b>
	7,4-52,0	8	1,38	0,61	3,11
Colon retto	<1,9	35	1,00	-	-
	2,0-3,8	32	1,15	0,70	1,87
	3,9-7,3	51	<b>2,01</b>	<b>1,29</b>	<b>3,14</b>
	7,4-52,0	13	1,51	0,78	2,90

Tab 46 – Eccesso significativo di tumore allo stomaco e al colon retto nelle donne residenti da più di 5 anni dopo aggiustamento SES

L'analisi sui ricoveri non mostra eccessi significativi, in quanto anche l'aumento delle infezioni respiratorie acute e malattie renali osservato nel livello più alto e nel terzo di metalli pesanti rispettivamente non è più significativo, inoltre non risulta più l'eccesso di ricoveri per aborti spontanei.

## **5 Raffronto sui dati di emissione dei termovalorizzatori Hera dell'emilia romagna**

Al fine di realizzare una politica di gestione compatibile con gli obiettivi e i vincoli posti da leggi e stakeholders, sono schedate e attuate una serie di attività di controllo, che coprono i diversi punti nei quali si possono riscontrare anomalie da approfondire (Tab.47). Tali attività sono compiute in parte da Hera stessa e in parte dall'ente Arpa esterno ad Hera.

A monte e complemento di tali attività c'è un progressivo miglioramento degli impianti, che in diversi casi sono stati rinnovati chiudendo le vecchie linee in favore di nuove più capaci ed efficienti, che mediante opportuni sistemi di depurazione fumi e di controllo del processo e delle emissioni garantiscono adeguate performance di depurazione fumi, in conformità con quanto previsto dal D.Lgs. 133/2005.

Le dotazioni degli impianti ristrutturati e rinnovati di recente prevedono in tal senso le seguenti:

- Doppio sistema di reazione e filtrazione per l'abbattimento delle concentrazioni di polveri, acido cloridrico, acido fluoridrico, anidride solforosa, metalli pesanti, diossine e furani e idrocarburi policiclici aromatici (nell'impianto di Modena sono presenti un filtro a maniche e un elettrofiltro);
- Doppio sistema di reazione (non catalitico e catalitico) per la riduzione delle concentrazioni di ossidi di azoto;

Fasi	Gestore	Gestore	ARPA	ARPA	ARPA
	Auto controllo	Reporting	Ispezioni programmate	Campionamenti / Analisi	Controllo reporting
<b>Consumi</b>					
Materie prime	Alla ricezione	Annuale			Annuale
Risorse idriche	Mensile	Annuale			Annuale
Energia	Giornaliero	Annuale			Annuale
Combustibili	Mensile, semestrale	Annuale			Annuale
<b>Aria</b>					
Misure in continuo	Giornaliero	Giornaliero, Annuale	Annuale	Annuale	Giornaliero, Annuale
Misure periodiche	Trimestrale Semestrale	Annuale	Annuale	Annuale	Annuale
<b>Acqua</b>					
Misure periodiche	Prima del convogliamento in acque superficiali	Annuale	Annuale	Annuale	Annuale
<b>Rumore</b>					
Misure periodiche rumore sorgenti	Triennale	Triennale	Annuale		Triennale
<b>Rifiuti</b>					
Misure periodiche rifiuti in ingresso	Trimestrale	Annuale	Annuale		Annuale
Misure periodiche rifiuti prodotti (residui)	Mensile (solo TOC), trimestrale (scorie)	Annuale	Annuale		Annuale
<b>Parametri di processo</b>					
Misure in continuo	Giornaliero		Annuale		Annuale
<b>Indicatori perform.</b>	Annuale	Annuale			Annuale
<b>Emissioni eccezionali</b>	In relazione all'evento	Annuale			Annuale

Tab 47 – Attività di monitoraggio e controllo

- Doppio sistema di monitoraggio fumi per il controllo del processo (SMP): i due sistemi misurano le concentrazioni dei principali inquinanti in uscita dal forno e a valle del primo stadio di reazione e filtrazione, sulla base delle quali è regolato il quantitativo di reattivi necessari all'ottenimento di performance di depurazione che garantiscano il rispetto dei limiti normativi alle emissioni e si attestino a valori mediamente inferiori dell'80-90% rispetto a essi;
- Doppio sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni al camino: uno di riserva all'altro al fine di garantire la continuità di analisi delle concentrazioni nelle emissioni in atmosfera.

La possibilità di disporre di doppi sistemi di depurazione e monitoraggio in serie (in parallelo per quanto riguarda il monitoraggio al camino) permette di perseguire con efficacia gli obiettivi sopra descritti.

Oltre a quanto sopra descritto, in termini di controlli delle emissioni e degli impatti ambientali si operano annualmente controlli puntuali ai camini, con frequenze definite nell'autorizzazione integrata ambientale, per quei parametri che non possono essere rilevati in continuo, ricorrendo a laboratori certificati, controlli sulle ricadute al suolo degli inquinanti (attraverso programmi di monitoraggio esterno in collaborazione con Università ed enti di ricerca vengono svolte analisi sulle deposizioni al suolo sui terreni, sui vegetali, ecc... al fine di accertare che le emissioni, ancorché all'interno dei restrittivi limiti di legge, abbiano l'impatto minore possibile).

Emissioni in atmosfera dei termovalorizzatori			
t	2008	2009	2010
Polveri	<b>4,5</b>	<b>3,3</b>	<b>4,7</b>
Acido cloridrico	3,9	3,6	2,9
Ossidi di azoto	395,6	413,8	310,7
Ossidi di zolfo	19,3	5,0	3,0
Monossido di carbonio	<b>48,8</b>	<b>57,0</b>	<b>53,2</b>
Acido fluoridrico	0,4	0,2	0,1
Carbonio organico totale	7,8	7,0	6,1
Rifiuti trattati negli impianti [t]	622.629	734.492	800.576
Energia elettrica netta prodotta [MWh]	336.871	405.714	436.863
Energia Termica prodotta [MWh]	55.346	70.446	88.755

Tab 48 – Emissioni in atmosfera dei termovalorizzatori, dati calcolati utilizzando i sistemi di misurazione in continuo approvati dagli organi di controllo in sede di autorizzazione dell’impianto

Si può notare come l’aumento sensibile del totale dei rifiuti trattati, grazie all’apertura di nuove linee (come quella di Modena avviata nel 2009 ed entrata a regime nell’aprile 2010 e quella di Rimini a regime da ottobre 2010) non corrisponda a un necessario aumento di tutte le categorie elencate. Le differenti caratteristiche costruttive delle nuove linee di produzione permettono di ottenere miglioramenti sensibili per molti inquinanti, in particolare per quelli più critici come gli ossidi di azoto.

Prosegue l’andamento decrescente nei tre anni considerati delle emissioni totali di acido cloridrico (-26%), acido fluoridrico (-76%), ossidi di zolfo (-85%), ossidi di azoto (-21%) e Carbonio Organico Totale (-21%), anche a fronte di un aumento del 29% dei rifiuti trattati. La sensibile riduzione degli ossidi di zolfo è concentrata in particolare a Bologna (ottimizzazione del dosaggio dei reagenti chimici) e a Forlì (avvio delle nuove linee).

Emissioni in atmosfera dei termovalorizzatori in rapporto alle quantità g/t			
	2008	2009	2010
Polveri	7,2	4,5	5,9
Acido cloridrico	6,3	4,9	3,6
Ossidi di azoto	635	563	388
Ossidi di zolfo	31,0	6,8	3,7
Monossido di carbonio	78,4	77,6	66,5
Acido fluoridrico	0,7	0,3	0,1
Carbonio organico totale	12,5	9,5	7,7

Tab 49 – Emissioni in atmosfera dei termovalorizzatori in rapporto alle quantità smaltite, dati calcolati utilizzando i sistemi di misurazione in continuo approvati dagli organi di controllo in sede di autorizzazione dell'impianto

Confrontando le quantità di sostanze emesse in atmosfera con le quantità di rifiuti smaltiti si possono ottenere le emissioni specifiche per i vari inquinanti (Tab.49). Questo indicatore misura l'efficienza dei sistemi di abbattimento fumi utilizzati negli impianti e mette in evidenza i miglioramenti tecnici ottenuti con i nuovi impianti. Per alcuni inquinanti (ossidi di zolfo, acido fluoridrico e ossidi di azoto) si registra un deciso miglioramento. In media, per gli inquinanti indicati in tabella, la riduzione rispetto al 2008 è del 46% (considerando solo i nuovi impianti di Ferrara, Forlì, Modena e Rimini, questa percentuale sale al 54%).

Concentrazioni nelle emissioni (2010)				
[mg/Nm <sup>3</sup> ]	Limiti D.Lgs 133/2005	Bologna (linea 1 e 2)	Ferrara (linea 2 e 3)	Forlì (linea 3)
Polveri	10	0,7	0,5	0,6
Acido cloridrico	10	0,2	0,2	1,3
Ossido di azoto	200	90,5	43,7	40,1
Ossido di zolfo	50	0,5	0,3	0,2
Monossido di carbonio	50	16,2	9,0	8,3
Acido fluoridrico	1	0,0	0,0	0,1
Carbonio	10	2,5	0,4	0,6

organico totale				
Somma metalli	0,5	0,05	0,00	0,02
Idrocarburi policiclici aromatici	0,01	0,00001	0,00001	0,00001
Diossine e furani [ng <sub>FTE</sub> /Nm <sup>3</sup> ]	0,1	0,003	0,001	0,003
Cadmio e Tallio	0,05	0,00159	0,00047	0,00145
Mercurio [mg/Nm <sup>3</sup> ]	0,05	0,001	0,002	0,001
	Limiti D.Lgs. 133/2005	Modena (linea 4)	Ravenna (CDR)	Rimini (linea 3 e 4)
Polveri	10	2,6	2,4	0,5
Acido cloridrico	10	1,4	0,01	1,3
Ossido di azoto	200	57,2	134,0	91,1
Ossidi di zolfo	50	0,7	0,1	1,0
Monossido di carbonio	50	15,8	4,4	7,3
Acido fluoridrico	1	0,1	0,1	0,1
Carbonio organico totale	10	0,2	1,9	0,6
Somma metalli	0,5	0,02	0,00	0,02
Idrocarburi policiclici	0,01	0,00002	0,00001	0,00001
Diossine e furani [ng <sub>FTE</sub> =Nm <sup>3</sup> ]	0,1	0,002	0,005	0,02
Cadmio e Tallio	0,05	0,00074	0,00060	0,00077
Mercurio	0,05	0,002	0,001	0,001

Tabella 50 – Concentrazioni delle emissioni (2010) e limiti di legge

Si può dunque concludere dalla Tab.50 riassuntiva che tutti gli impianti rispondono, spesso con più di un ordine di grandezza di margine, ai limiti imposti dalla regolamentazione nazionale.

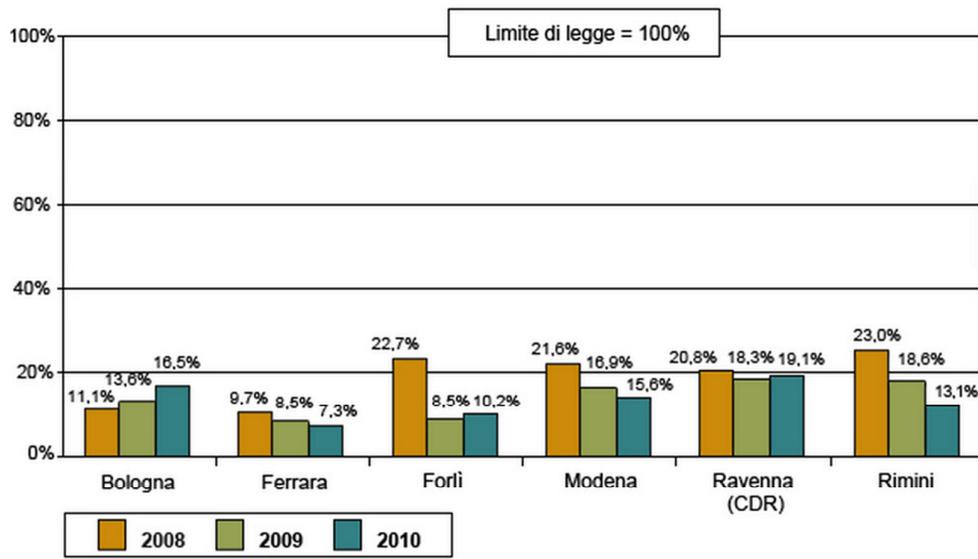


Fig.20 – Emissioni rispetto ai limiti di legge 133/2005 divisi per impianto

## 6 I limiti di legge e il particolato fine

Come si può verificare dai dati sulle emissioni, gli impianti presenti in regione rispondono ai limiti che la legge italiana prevede, in ricezione di quanto proposto a livello Europeo, per garantire la salute dei cittadini. Gli studi sul particolato e le influenze che essi dovranno avere in futuro sulle regolamentazioni però meritano ulteriori approfondimenti.

Il particolato (che non è esclusivamente di origine antropica, ma originato anche da fattori naturali quali vulcani, erosione di rocce, incendi etc..) viene generato da una serie di attività che vanno ben al di là dei soli impianti di smaltimento dei rifiuti, comprendendo le emissioni dei motori a combustione interna, i sistemi di riscaldamento delle case, cantieri, cementifici etc..

La quantità totale di polveri sospese è in genere misurata in maniera quantitativa [peso/volume] e la quantità totale delle polveri sospese (PTS) può essere scomposta a seconda della distribuzione delle dimensioni delle particelle (da qui l'identificativo formale delle dimensioni, il *Particulate Matter*, PM, seguito dal diametro aerodinamico massimo delle particelle); ad esempio si parla di PM10 per tutte le particelle con diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$ , pertanto il PM2,5 è un sottoinsieme del PM10, e a sua volta il PM0,1 è sottoinsieme di entrambi i precedenti.

Per quanto riguarda il nostro ambito di interesse le classi dimensionali significative sono:

- Particolato grossolano superiore ai 10  $\mu\text{m}$ , non in grado di penetrare nel tratto respiratorio superando la laringe, se non in piccola parte

- PM10 particolato formato da particelle inferiori a 10 micron ( $\mu\text{m}$ ) (cioè inferiori a un centesimo di millimetro), è una polvere inalabile, ovvero in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso e laringe).
- PM2.5 **particolato fine** con diametro inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$  (un quarto di centesimo di millimetro), è una polvere toracica, cioè in grado di penetrare profondamente nei polmoni, specie durante la respirazione dalla bocca.
- PM0.1 con diametro inferiore a 0,1  $\mu\text{m}$

Indicativamente tale distinzione prevede dunque un "salto" di circa un fattore 10 fra una classe e l'altra. A seconda degli ambiti di indagine comunque (medici, motoristici, scienza dei materiali, elettronica ecc.), ciascun settore di ricerca può individuare dimensioni caratteristiche per le quali si determinano fenomeni di interesse per il campo di indagine specifico.

Per quanto riguarda gli effetti sanitari/ambientali, queste ridotte dimensioni prossime a quelle molecolari, permettono alle particelle un comportamento fisico per la dispersione aerea e i meccanismi di penetrazione negli organismi viventi, collocabile tra quello dei gas e quello del resto del particolato sospeso. Alcune classi dimensionali, quelle più piccole, che si comportano come gas, tendono a rimanere sospese nell'aria più a lungo e possono, se inalate, penetrare nel corpo umano tanto più profondamente quanto più sono piccole (Fig.21)

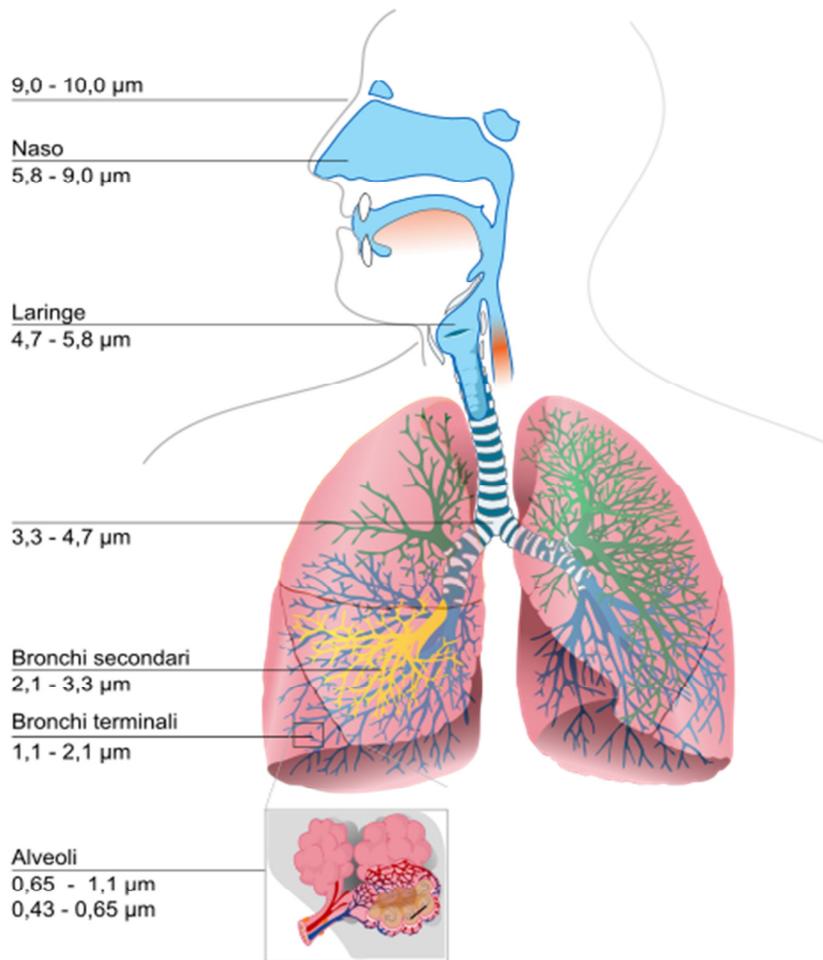


Fig. 21 – Penetrazione nell'organismo del particolato in funzione della classe dimensionale

Tali particelle che vengono inalate o comunque assunte dall'organismo influenzano negativamente gli organi e i tessuti, non per forza rendendoli malati, ma in generale è noto che un corpo estraneo genera tessuti infiammatori, e i tessuti infiammatori cronici, come documentato da molti studi, possono degenerare in un cancro. Il particolato totale, così come ogni suo sottoinsieme, è caratterizzato da una distribuzione statistica dei diametri medi, ovvero è composto da diversi insiemi di particelle di diametro aerodinamico variabile da un minimo rilevabile fino al massimo diametro considerato: ad esempio il PM10 è una frazione del PTS, il PM2,5 contribuisce al totale del PM10 e così via fino ai diametri inferiori.

La distribuzione dei diametri aerodinamici medi è variabile: alcuni autori ritengono di poter valutare il rapporto fra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> compreso fra il 50% e il 60%. Ad esempio nel caso specifico del particolato emesso dal termovalorizzatore di Bologna esaminato precedentemente, emerge il rapporto dimensionale evidenziato in Fig.22.

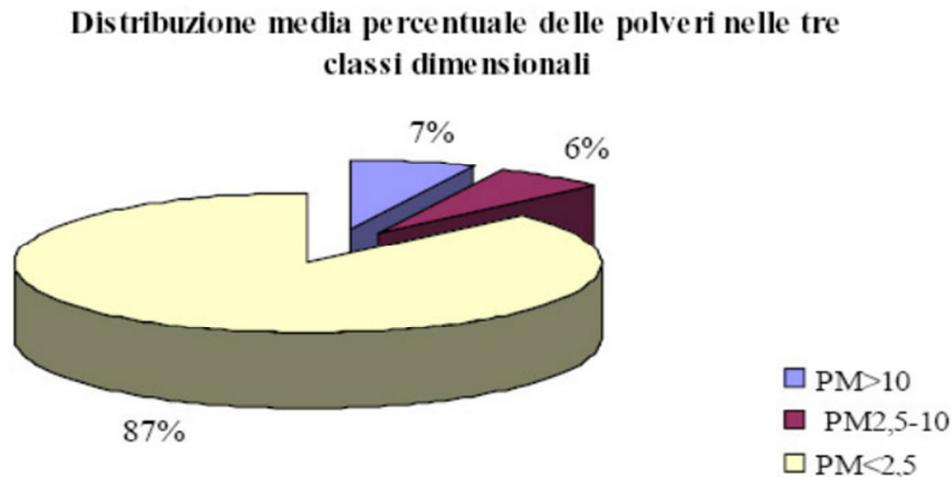


Fig.22 – Distribuzione media percentuale delle emissioni del termovalorizzatore di Granarolo

La classe dimensionale di particolato cui la legislazione fa riferimento è la PM<sub>10</sub>, anche se l'Unione Europea con la direttiva 2008/50/EC si è chiaramente espressa in merito alle PM<sub>2,5</sub>, riportando “*Fine particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) is responsible for significant negative impacts on human health. Further, there is as yet no identifiable threshold below which PM<sub>2,5</sub> would not pose a risk. As such, this pollutant should not be regulated in the same way as other air pollutants. The approach should aim at a general reduction of concentrations in the urban background to ensure that large sections of the population benefit from improved air quality. However, to ensure a minimum degree of health protection everywhere, that*

*approach should be combined with a limit value, which is to be preceded in a first stage by a target value.”*

Anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità riconoscendo la correlazione fra esposizione alle polveri sottili e insorgenza di malattie cardiovascolari e l'aumentare del danno arrecato all'aumentare della finezza delle polveri, ha indicato il PM<sub>2,5</sub> come misura aggiuntiva di riferimento delle polveri sottili.

Questo interesse in merito è dovuto alla relativa inadeguatezza e grossolanità dei metodi imposti attualmente: essi infatti prevedono di valutare la presenza di particolato sostanzialmente pesando le particelle inferiori ai 10 micrometri (micron) e mantenendo tale peso al di sotto di un limite (ad esempio dal 1 gennaio 2005 40 µg/m<sup>3</sup> di valore massimo per la media annuale, successivamente abbassati a 20). Si ha quindi come effetto che, ai fini del raggiungimento degli obiettivi di legge, 1.000 particelle PM<sub>1</sub> equivalgono, come pericolosità attribuita, ad 1 sola particella di diametro 10 µm, o se vogliamo spingere ulteriormente l'esempio, si stabilisce una equivalenza di legge tra 1.000.000 di particelle con diametro 0,1 µm (classe PM<sub>0,1</sub>) ed una particella di diametro 10 µm (appartente alle PM<sub>10</sub>). Questo fa sì che un'aria che rispetti i limiti di legge potrebbe comunque contenere un alto numero di particelle fini potenzialmente tossiche.

Nonostante una crescente attenzione delle istituzioni verso questo tema però, operativamente non è possibile con la tecnologia attuale imporre e fare rispettare limiti sulle classi dimensionali inferiori alla PM<sub>10</sub>, e anzi anche il mancato rispetto delle limitazioni attuali può spesso essere superato con deroghe ad hoc, dato che eventuali

sospensioni di impianti genererebbero enormi problematiche logistiche ed economiche legate al mancato smaltimento dei rifiuti.

## 7 Conclusioni

Sono numerose le difficoltà che si incontrano nell'affrontare il tema dell'impatto che un termovalorizzatore ha sul territorio e sulla popolazione. Da un lato i territori industrializzati e densamente popolati sono già spesso caratterizzati da certi livelli di inquinamento di fondo generato dalle fonti più disparate, tra le quali ad esempio il traffico veicolare e i sistemi di riscaldamento delle abitazioni. E' spesso possibile raggiungere un livello di distinzione accettabile, apprezzando e determinando la caratterizzazione tipica delle emissioni di ogni singola fonte (ad esempio NO<sub>2</sub> per il traffico veicolare) anche se c'è bisogno di approfondimenti sempre più precisi. Tali livelli di fondo si sottraggono dall'inquinamento rilevato, laddove si determinino quali zone siano poco raggiunte dalle emissioni degli impianti, ma ciò che è ulteriormente difficile valutare sono gli effetti di interazione che la miscela di sostanze può generare: ci si basa su livelli di margine di grande prudenza e fattori di sicurezza che però se da un lato svolgono un importante ruolo di prevenzione e cautela, dall'altro non si può dire che siano calcolati come risposta ad effetti tossicologici calcolati con esattezza.

Ulteriore aspetto da migliorare sono le indagini sulla popolazione che devono potere contare su archivi di dati specifici e ricchi di informazioni georeferenziate, ovvero si deve facilitare ad esempio il processo di associazione tra una malattia verificatasi, l'abitante che è stato colpito e l'ubicazione della sua residenza.

Spesso poi si compiono indagini su territori che, nelle immediate vicinanze di un impianto di incenerimento, hanno densità abitativa media o bassa, in quanto naturalmente si preferisce per motivi di

precauzione sanitaria ubicare gli impianti non nelle immediate vicinanze di zone densamente abitate. Questo fa sì che non sempre il campione di abitanti sia sufficientemente numeroso da fornire statistiche esaurienti, specie laddove le malattie o gli effetti tossici abbiano un tasso di incidenza basso: ad esempio i casi in cui si tratti di una malattia che mediamente colpisce nell'arco della vita 1 persona su 20.000 richiede per valutarne gli eccessi con adeguato margine di significatività statistica, di avere una coorte di molte decine di migliaia di abitanti.

Al netto di queste ed altre problematiche che limitano l'accuratezza delle rilevazioni, esistono già numerosi studi che trovano correlazioni statisticamente significative tra patologie riscontrate e ubicazione in prossimità di impianti di incenerimento: le categorie più importanti sono gli incrementi nell'incidenza di malattie cardiovascolari, dell'apparato respiratorio e diverse categorie di tumore. A tal proposito, è importante che nell'indagine questi dati vengano pesati sulla base della conoscenza di dati personali, stili di vita e livello socio-economico: molte di queste caratteristiche influenzano le possibilità di effetti tossicologici in maniera paragonabile alle emissioni inquinanti.

Sta inoltre emergendo una parziale inadeguatezza della legislazione corrente: nella sua volontà di garantire ampi margini di sicurezza la legislazione italiana e anche alcune provinciali come quella di Bologna seguono criteri di massima prudenza, imponendo limiti anche inferiori a quelli dettati a livello europeo, e come riportato riguardo gli inquinanti rilevati sul territorio, persino più cautelativi rispetto a valori di sicurezza riconosciuti come il TDI, che già per sua formulazione può contare su un fattore di sicurezza 100. Esistono però delle criticità come il limite di emissioni, che impone un valore massimo in

concentrazione, ma non prevede contemporaneamente che vi sia un limite cumulativo in assoluto, salvo quello della capacità di smaltimento dell'impianto. Questo significa che si devono emettere inquinanti a concentrazioni basse e quindi gli impianti devono essere tecnologicamente moderni, dotati di efficienti sistemi di filtraggio e limitazione degli inquinanti, ma non pone esplicitamente limiti ai loro valori cumulativi che si vengono a creare come somma in valore assoluto di tali emissioni giornaliere a bassa concentrazione. Risulta poi molto difficile rimediare a posteriori a eventuali eccessi di inquinanti accumulati sul territorio poiché la fase di incenerimento e termovalorizzazione, necessaria anche se quantitativamente inferiore pure nei territori dove avviene una corretta "prevenzione" del rifiuto, svolge una funzione a cui è impossibile rinunciare senza gravi conseguenze in termini economici e logistici (gestione delle enormi quantità di rifiuti che si generano quotidianamente). Infatti persino eventuali sforamenti nelle emissioni, cosa che dalle statistiche fornite dagli enti ufficiali almeno nel territorio dell'Emilia-Romagna non avviene, è facile che siano "aggirati" con deroghe ad hoc.

Infine la regolamentazione del particolato totale, individuato nella limitazione della sola categoria delle PM10, non tiene attualmente conto della diversa pericolosità relativa dei vari sottoinsiemi dimensionali di particelle che lo compongono: è infatti provato che la frazione più fine di tale insieme di particelle (particolato fine di categoria PM2,5 e suoi sottoinsiemi) penetra nell'organismo più profondamente tanto più ha dimensioni ridotte, e favorisce l'insorgere di tessuti infiammatori ed effetti tossicologici. Il criterio di valutazione del solo peso/volume dell'insieme PM10 infatti mette sullo stesso piano l'effetto tossicologico di 1 particella più grossolana (PM10) con quello di 1000 particelle di particolato fine PM1, ciascuna delle quali

è maggiormente penetrante nell'organismo: è quindi auspicabile che venga equilibrato questo dislivello.

La legislazione infatti, spinta anche dalle posizioni di organismi internazionali che si occupano di salute come l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), ha cominciato a prendere posizione in merito, seppure sul piano dell'approfondimento del tema e del monitoraggio più che su vincoli effettivi alle emissioni: rimangono allo stato attuale delle complessità tecnologiche circa l'attuazione di limitazioni del particolato più fine, e con esse le difficoltà nel fare rispettare questi limiti, qualora venisse definito un limite restrittivo anche per questa particolare frazione di polveri sospese.

## 8 Bibliografia

- 1) Progetto monitor
- 2) Arpa ([www.arpa.emr.it](http://www.arpa.emr.it))
- 3) AUSL emilia romagna
- 4) dati su limiti di legge provincia e nazionali  
[http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/monitor/autorizzazioni/bo\\_limite.pdf](http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/monitor/autorizzazioni/bo_limite.pdf)
- 5) Danni tossicologici causati dai metalli  
Scientific Committee on Food (SCF) European Commission 2000.  
Opinion of the SCF on the risk assessment of dioxins-like PCBs in food. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final, 23 November 2000
- 6) Danni tossicologici causati dai metalli  
Scientific Committee on Food (SCF) European Commission 2001.  
Opinion of the SCF on the risk assessment of dioxins-like PCBs in food. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final, 30 May 2001
- 7)RIVM 2001. Report 711701 025. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Baars AJ, et al. Rijksinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven, the Netherlands, Marzo 2001
- 8)Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (CCTN). Parere della CCTN sugli idrocarburi policiclici aromatici. Raccolta dei pareri espressi dalla CCTN nel 1991. Serie Relazioni, Istituto Superiore di Sanità 91/1, pp.56-62. Roma 28.11.1991
- 9)California EPA, 2005. Air toxic hot spots program. Risk assessment guidelines. Part II. Technical support document for describing available cancer potency factors. OEHHA, Air toxicology and epidemiology section, Budroee JD et al, Maggio 2005

- 10) IRIS Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/search.htm>
- 11) World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, Copenhagen 2000. Air quality guidelines for Europe. II edition. WHO Regional Publications, European Series, No.91.
- 12) ITER International Toxicity Estimates for Risk. <http://www.nlm.nih.gov>
- 13) RIVM report 320103001/2003. Dietary intake of heavy metals (cadmium, lead and mercury) by the Dutch populations. Winter-Sorkina R de et al. pp.1-41. [www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320103001.pdf](http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320103001.pdf)
- 14) The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products (EMA) 2002. Committee for proprietary medicinal products (CPMP). Note for guidance on specification limits for residues of metal catalysts. CPMP/SWP/QWP/4446700, Londra 17 dicembre 2002. <http://www.emea.eu.int>
- 15) Franchini M, Riel M, Buiatti E, Bianchi F. *Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies*. Ann Ist Super Sanità 2004
- 16) Bianchi F, Minchilli F. *Mortalità per linfomi non Hodgkin nel periodo 1981 – 2001 in 25 comuni italiani con inceneritori di rifiuti solidi urbani*. Epidemiol Prev 2006; 30 (2): 80-81
- 17) Boyle E, Johnson H, Kelly A, McDonnell R. *Congenital anomalies and proximity to landfill sites*. Ir Med J. 2004 Jan
- 18) Dodds L, Seviour R. *Congenital anomalies and other birth outcomes among infants born to women living near a hazardous waste site in Sydney, Nova Scotia*. Can J Public Health, 2001 Sep-Oct.
- 19) Vrijheid M, Dolk H, Armstrong B, Abramsky L, Bianchi F, Fazarinc I, Garne E, Ide R, Nelen V, Robert E, Scott JES, Stone D,

Tenconi R. *Chromosomal congenital anomalies and residence near hazardous waste site landfill sites*. The Lancet 2002

20) Vrijheid M, Dolk H, Armstrong B, Boschi G, Busby A, Jorgensen T, Pointer P; EUROHAZCON collaborative group. *Hazard potential ranking of hazardous waste landfill sites and risk of congenital anomalies*. Occup. Environ Med. 2002 Nov

21) Shi L, Chia SE. *A review of studies on maternal occupational exposures and birth defects, and the limitations associated with these studies*. Occup Med Lond. 2001

22) IMER (International medical evaluation and referral)

23) [http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/moniter/generale\\_634.asp](http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/moniter/generale_634.asp)

24) Controllo emissioni impianto di Coriano, [http://www.gruppohera.it/gruppo/attivita\\_servizi/business\\_ambiente/termovalorizzatori/-forli/pagina57.html](http://www.gruppohera.it/gruppo/attivita_servizi/business_ambiente/termovalorizzatori/-forli/pagina57.html)

25) CERC Ltd. "ADMS-Urban User Guide (Version 2.0)". Cambridge, 2003

26) Pianificazione degli interventi di monitoraggio e controllo [http://www.arpa.emr.it/rimini/download/Inceneritori\\_piano\\_monitoring\\_controllo\\_24nov06/Pian\\_monitoring\\_inceneritori\\_documento\\_23nov06.pdf](http://www.arpa.emr.it/rimini/download/Inceneritori_piano_monitoring_controllo_24nov06/Pian_monitoring_inceneritori_documento_23nov06.pdf)

27) Dati sui termovalorizzatori Hera: [http://bs.gruppohera.it/ambiente\\_generazioni\\_future/emissioni/emissioni\\_termovalorizzatori/081.html](http://bs.gruppohera.it/ambiente_generazioni_future/emissioni/emissioni_termovalorizzatori/081.html)