

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA  
POPOLAZIONE RESIDENTE NEI PRESSI DEI TERMOVALORIZZATORI  
DEL LAZIO**

## RIASSUNTO

**INTRODUZIONE.** La valutazione degli effetti sulla salute associati alla residenza in prossimità di inceneritori deriva prevalentemente da studi ecologici e suggerisce un possibile effetto per alcuni esiti riproduttivi (malformazioni congenite, nascita pretermine e basso peso alla nascita) e alcune forme tumorali (laringe, polmoni, esofago, stomaco, intestino, fegato, reni, vescica e seno), ma il grado di evidenza è molto limitato.

**OBIETTIVI.** Lo studio ha valutato l'associazione tra i livelli di inquinamento atmosferico e il ricorso alle cure ospedaliere dei residenti per patologie cardiovascolari e respiratorie nei periodi pre- e post-operatività dei termovalorizzatori di Colferro e San Vittore del Lazio.

**METODI.** L'approccio utilizzato è quello di coorte retrospettivo. Sono stati arruolati 47,192 soggetti residenti tra il 1 Gennaio 1996 e il 31 Dicembre 2008 in un'area di 7 Km dagli impianti, entrambi entrati in funzione alla fine del 2002. Il modello di dispersione lagrangiano SPRAY per il  $PM_{10}$  è stato usato per definire i livelli di esposizione all'inceneritore, sono state definite tre zone a basso, medio ed alto  $PM_{10}$ . Sono state studiate le ospedalizzazioni dei soggetti della coorte nel periodo precedente (1996-2002) e successivo (2003-2008) l'attivazione dei termovalorizzatori. L'associazione tra residenza nelle tre zone e ricoveri nei due periodi è stato stimato utilizzando il modello multivariato di Cox (per eventi ripetuti) aggiustando per sesso, età, area a livello di SES, la distanza dalle industrie e dalle strade trafficate e livelli di fondo di  $PM_{10}$ . Per testare l'effetto degli inceneritori è stato utilizzato un termine di interazione tra il periodo di follow-up (prima-dopo) e i livelli di esposizione.

## RISULTATI.

Sono stati arruolati 47.192 residenti tra il 1996 e il 2008, la maggior parte dei membri della coorte è risultata ancora residente nel periodo post attivazione impianti. L'analisi della morbosità associata all'inquinamento prodotto dai termovalorizzatori dopo la loro entrata in funzione ha evidenziato, per i residenti di sesso maschile nelle zone ad alta esposizione, un eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio ( $HR=1.26-I.C.=0.99;1.60$ ) e malattie polmonari cronico ostruttive ( $HR=1.86-I.C.=1.04;3.33$ ).

CONCLUSIONI. I risultati indicano un chiaro effetto dell'esposizione all'inquinamento degli incenritori con un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi respiratori nel sesso machile. E' quindi opportuna una continua sorveglianza epidemiologica della popolazione residente in una delle aree a più elevata criticità ambientale del Lazio.

## INTRODUZIONE

I termovalorizzatori sono impianti di incenerimento ad alta temperatura finalizzati alla produzione di energia elettrica il cui combustibile è costituito dal CDR, combustibile derivato da rifiuti urbani. Gli effetti sulla salute associati alla residenza in prossimità di inceneritori e termovalorizzatori sono stati documentati in diverse pubblicazioni e revisioni sistematiche di studi epidemiologici. I risultati, che derivano prevalentemente da studi ecologici, suggeriscono una relazione con alcuni esiti riproduttivi (mortalità infantile e malformazioni congenite<sup>1,2</sup>; nati morti<sup>3</sup>; peso alla nascita ed età gestazionale<sup>4</sup>) e tumori (tutti i tumori, laringe, polmoni, esofago, stomaco, intestino, fegato, reni, vescica e seno)<sup>5,6</sup>. Tuttavia, questi risultati non sono immuni da distorsioni principalmente connesse alla scelta del disegno, alla carenza di informazioni sull'esposizione, all'impiego di misure surrogate come la distanza dalla fonte, nonché al mancato controllo di potenziali confondenti, quali le caratteristiche individuali delle persone esposte.

Alcune indagini più dettagliate condotte in Italia e in Francia suggeriscono un aumento del rischio per linfoma non-Hodgkin<sup>7-9</sup>, sarcoma del tessuto connettivo<sup>10,11</sup> e malformazione delle vie urinarie alla nascita<sup>12</sup>. Alcuni di questi studi hanno usato modelli di dispersione per stimare l'esposizione agli inquinanti prodotti dagli inceneritori<sup>8,9</sup>, migliorando in tal modo il limite principale degli studi condotti precedentemente, che utilizzavano la distanza quale misura di esposizione.

Diverse rassegne della letteratura<sup>13-15</sup> si sono occupate di individuare le lacune e le priorità delle ricerche svolte nell'ambito. In generale, si sono riscontrate notevoli limitazioni metodologiche, principalmente dovute alla natura e alla complessità delle esposizioni, alle dimensioni delle popolazioni indagate e alla difficile definizione del profilo socio-economico o di altri fattori di confondimento che possono avere una rilevante influenza sugli esiti in studio. Tali debolezze sottolineano la necessità di una nuova generazione di studi epidemiologici che migliori la definizione dell'esposizione, sia in termini quantitativi che qualitativi, attraverso misurazioni ambientali e lo sviluppo di biomarcatori individuali di esposizione.

Recentemente è stato pubblicato uno studio su due inceneritori in Emilia Romagna<sup>16</sup> che introduce alcune innovazioni procedurali: innanzitutto il ricorso ad un modello che ha simulato la dispersione dei fattori inquinanti d'interesse nel territorio in studio e ha

quindi consentito di stabilire in modo più accurato l'esposizione dei soggetti. Inoltre, il disegno dello studio, di tipo longitudinale, ha consentito di tenere conto del livello socio-economico, calcolato a livello di piccola area di residenza, della popolazione oggetto di indagine.

L'area di Colferro è una delle zone della regione Lazio ad elevata complessità ambientale. Già dal 1912 iniziò le attività, nella zona di Colferro Scalo, l'azienda di polveri da sparo ed esplosivi Bombrini-Parodi-Delfino (BPD). Dopo la prima guerra mondiale la BPD estese la gamma di produzione ai concimi e al cemento e nel secondo dopoguerra arrivò a comprendere ulteriori divisioni attive nei settori della meccanica, del tessile e della chimica. Nel 1968 la BPD si fuse con la Società di Navigazione Italo Americana (SNIA), la cui divisione chimica portò per alcuni anni il nome di SNIA BPD. Alla SNIA BPD si aggiunsero negli anni numerosi stabilimenti chimici e tessili estendo così l'area industriale di Colferro fino a mille ettari di terreno. Tra questi assume rilievo il cementificio sito a sud dell'attuale termovalorizzatore, in vicinanza del centro abitativo di Colferro. Avviato nel 1919 con il nome di Calce e Cementi Segni, nel periodo compreso tra le due guerre mondiali il cementificio subì un rapido sviluppo e venne ampliato fino ad avere tre forni sulla linea di produzione. A partire dagli anni cinquanta iniziarono le opere di potenziamento dell'impianto con lo smantellamento dei tre vecchi forni e con l'installazione di nuovi forni adatti a rispondere alla richiesta crescente del mercato edilizio. Italcementi acquistò lo stabilimento di Colferro nel 1972 e subentrò nella gestione diretta del cementificio incrementandone la produzione.

La presenza decennale di questi ed altri stabilimenti di produzione ha esposto il territorio di Colferro e della Valle del Sacco a sostanze inquinanti altamente dannose per l'ambiente, causando una contaminazione delle falde acquifere e dei terreni. Nel 1990 furono individuate e sottoposte a sequestro, all'interno dello stabilimento BPD, tre aree adibite a discariche incontrollate di rifiuti industriali per circa 5 ettari di terreno. Nel 2005, nel corso di un'indagine campionaria sul latte di massa prevista dal Piano Nazionale Residui, fu rilevata una massiccia presenza di Beta-esaclorocicloesano ( $\beta$ -HCH), circa 30 volte superiore ai livelli ammessi dalla legge. Successive indagini hanno appurato che il Beta-HCH proveniente dalle discariche dei rifiuti tossici ha contaminato il fiume Sacco e i terreni attigui. Il  $\beta$ -HCH è una sostanza organica derivante dalla sintesi chimica dell'insetticida Lindano ( $\gamma$ -HCH), il cui uso in campo

agricolo è stato particolarmente diffuso nel territorio per il trattamento del terreno prima della semina e per la disinfestazione dei cereali e delle sementi nei magazzini. Nel 1975 ne è stato limitato l'impiego, e nel 2001 è stato definitivamente vietato.

Una indagine epidemiologica<sup>17</sup> sullo stato di salute della popolazione residente nell'area della Valle del Sacco ha evidenziato un eccesso di decessi per tutti i tumori e per alcuni tumori specifici (stomaco, laringe, polmoni, pleura e mieloma) tra gli uomini, mentre tra le donne si è riscontrato un aumento dei decessi per diabete. L'indagine ha previsto uno studio di biomonitoraggio sul sangue di un campione di soggetti residenti in quattro aree della Valle del Sacco, caratterizzate da diversi livelli di esposizione di inquinanti organici persistenti e metalli pesanti. Sono stati riscontrati livelli elevati di  $\beta$ -HCH, con una maggiore contaminazione della popolazione residente lungo il fiume avvenuta mediante il consumo alimentare di prodotti locali.

Nel contesto sopra illustrato, nel 2002 sono stati attivati i due impianti di termovalorizzazione di CDR del Lazio localizzati a Colleferro (RM) e a San Vittore del Lazio (FR). Il presente lavoro ha l'obiettivo di valutare lo stato di salute della coorte dei residenti dopo la loro messa in funzione: lo studio utilizza un disegno pre/post in cui l'esposizione agli inquinanti emessi dagli impianti viene stimata attraverso l'uso di modelli di dispersione.

## **METODI**

### *Caratteristiche dei termovalorizzatori*

Il termovalorizzatore di Colleferro occupa una superficie di circa 30,000 mq ed è costituito da due linee di trattamento: la prima linea è stata attivata nel mese di dicembre 2002, la seconda è operativa da giugno 2003. Ciascuna delle due linee è autorizzata allo smaltimento di 110,000 t/anno di CDR, corrispondenti ad una quantità massima giornaliera di circa 334 t/giorno. Nel 2009 l'impianto di Colleferro è stato sequestrato per diversi mesi dal Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri di Roma per numerosi reati, tra cui attività organizzata per traffico illecito di rifiuti, violazione dei valori limiti delle emissioni in atmosfera, combustione di pneumatici, trattamento di rifiuti indifferenziati.

Il termovalorizzatore di San Vittore del Lazio si estende su una superficie di 50,422 mq. Attualmente l'impianto è dotato di una sola linea di esercizio e, con la realizzazione prevista di due nuove linee, la superficie dell'impianto occuperà un'area di 78,249 mq. Attivato nell'agosto del 2002, il termovalorizzatore è autorizzato alla combustione di 304,150 t annue.

Ai fini dello studio, i due termovalorizzatori sono stati georeferenziati utilizzando le coordinate geografiche del punto centrale fornite dalla Regione Lazio, secondo il sistema di riferimento WGS84\_UTM33N. A causa della complessità dell'area, per l'impianto di Colferro si è considerata d'interesse l'area contenuta nella circonferenza di raggio 7 Km dal perimetro del sito che comprende i comuni di Artena, Colferro, Gavignano e Segni. Per l'impianto di San Vittore del Lazio si è fatto riferimento ad un'area contenuta nella circonferenza di 5 Km dal punto centrale del sito che comprende solo il comune di San Vittore del Lazio.

#### *Disegno dello studio e selezione della popolazione*

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione. La popolazione d'interesse è costituita dai soggetti residenti al 1 Gennaio 1996 o successivamente entrati fino al 31 Dicembre 2008, mentre per San Vittore del Lazio è stato possibile ricostruire la coorte di popolazione solo a partire dal 1 Gennaio 2000. Le informazioni anagrafiche e residenziali della coorte sono state reperite dagli archivi dei registri anagrafici forniti dai comuni interessati. I dati raccolti sono stati sottoposti ad un'accurata procedura di controllo di qualità.

Per ogni individuo della coorte è stato stabilito l'indirizzo di residenza al 1 Gennaio 1996 o 2000, ovvero il primo indirizzo di residenza per i nuovi iscritti all'anagrafe (per nascita o immigrazione). Tutti gli indirizzi sono stati georeferenziati, utilizzando un sistema GIS (Geographic Information System). Le operazioni di georeferenziazione hanno previsto la normalizzazione dell'indirizzo registrato dall'archivio comunale e l'interrogazione delle mappe dei sistemi TELEATLAS e NAVDAC. Ad ogni soggetto è stato attribuito un indicatore di posizione socio-economica (SES) sulla base della sezione di censimento corrispondente all'indirizzo di residenza. Tale indice è costruito a partire da un insieme di variabili raccolte nel censimento del 2001, ognuna delle quali descrive una dimensione dello svantaggio sociale ed economico (istruzione,

occupazione, condizione abitativa etc.) ed è stato codificato in cinque classi sulla base dei quintili della distribuzione: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso<sup>18</sup>.

La mappatura degli indirizzi con il sistema GIS ha permesso anche di calcolare, per ogni soggetto, la distanza tra l'indirizzo di residenza e le autostrade, le strade principali caratterizzate da traffico intenso e le industrie presenti nel territorio. Relativamente al termovalorizzatore di Colleferro è stata anche considerata la residenza nell'area di Colleferro Scalo (area limitrofa agli insediamenti industriali SNIA BPD ed Italcementi) e la residenza entro 1 Km dal Fiume Sacco.

#### *Follow-up della coorte*

Tutti i soggetti arruolati nella coorte sono stati seguiti per quanto riguarda lo stato in vita fino al 31 Dicembre 2008. Coloro che nel periodo d'interesse sono emigrati dal comune di residenza, sono stati considerati in vita fino alla data di emigrazione e quindi, per loro il *follow-up* si è concluso a tale data.

#### *Valutazione dell'esposizione: modelli di dispersione*

L'esposizione al PM<sub>10</sub> di fondo, derivante dall'inquinamento stradale, industriale, e civile è stato stimato su base regionale (<http://www.arpalazio.net/main/aria/sci/#>) ed ha permesso di assegnare la concentrazione media annua di questo inquinante all'indirizzo di residenza di ogni soggetto in studio. Il modello, sviluppato da ARPA, ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005, si basa sulla integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM e ha una risoluzione di 4x4 Km.

Il modello lagrangiano a particelle SPRAY ver. 5 (Arianet s.r.l., Milano, Italia) è stato utilizzato per simulare l'impatto dei termovalorizzatori sull'area in studio. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi su terreni complessi e con la presenza di ostacoli, seguendo il percorso di particelle fittizie nel flusso turbolento dell'atmosfera. Per stimare la dispersione delle concentrazioni del PM<sub>10</sub>, scelto come inquinante tracciante, sono stati utilizzati i seguenti dati: l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (in particolare le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza in bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti. Il modello restituisce la mappa delle concentrazioni al suolo relative all'inquinante emesso dall'impianto, utilizzando una risoluzione di 500x500m. Allo stesso modo è

stata simulata la dispersione del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio. Per ulteriori dettagli sul modello di dispersione si rimanda alla relazione tecnica di ARPA Lazio.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard, 25°, 50°, 75°, 80°, 90° percentile e range interquartile, ossia la differenza tra il 75° e il 25° percentile) dei livelli di PM<sub>10</sub> prodotto dalle diverse fonti calcolate sui soggetti della coorte:

Tabella A. Livello di esposizione a PM<sub>10</sub> di *background*, a PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori e a PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio di Colleferro per gli individui appartenenti alla coorte dei residenti 1996-2008

	media	DS	p25	p50	p75	p80	p90	p75-p25
PM <sub>10</sub> di background μg/m <sup>3</sup>	9.58	1.46	8.00	9.69	10.86	10.86	10.94	2.86
PM <sub>10</sub> termovalorizzatore ng/m <sup>3</sup>	2.96	1.11	1.99	3.40	3.80	3.93	4.00	1.81
PM <sub>10</sub> cementificio ng/m <sup>3</sup>	59.47	23.78	40.35	61.38	78.92	81.60	84.02	38.57

È importante osservare come il contributo espositivo del PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori (2.96 ng/m<sup>3</sup>) sia molto inferiore a quello del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio (59.47 ng/m<sup>3</sup>) e a quello del PM<sub>10</sub> di *background* (9.58μg/m<sup>3</sup>). In ogni caso, per i soggetti della coorte, vi è una alta correlazione tra gli indicatori stessi ( $r_{\text{term}/\text{cem}}=0.78$ ;  $r_{\text{term}/\text{back}}=0.73$ ;  $r_{\text{back}/\text{cem}}=0.65$ ).

Sulla base della distribuzione del PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori, i soggetti della coorte sono stati classificati in tre gruppi a seconda della residenza in zone caratterizzate da determinate concentrazioni dell'inquinante:

- i. *Zona a bassa esposizione (riferimento)*: area in cui valori di PM<sub>10</sub> sono inferiori a 3.40 ng/m<sup>3</sup> (50° percentile);
- ii. *Zona a media esposizione*: area in cui i valori di PM<sub>10</sub> sono superiori o uguali a 3.40 oppure inferiori o uguali a 3.93 ng/m<sup>3</sup> (80° percentile);
- iii. *Zona ad alta esposizione*: area in cui i valori di PM<sub>10</sub> sono superiori a 3.93 ng/m<sup>3</sup>.

### *Esiti di salute*

Gli impianti in studio hanno iniziato la loro attività nel 2002, periodo relativamente breve per valutare eventuali esiti associati ad esposizioni di lungo periodo. In questa indagine, quindi, non sono in studio la mortalità, l'occorrenza di patologie tumorali o di patologie croniche. Gli esiti considerati sono invece le ospedalizzazioni di adulti e bambini (età compresa tra 0 e 14 anni) sia per cause naturali - escludendo parto e traumatismi - (ICD IX-CM 001-629; 677-799) sia per malattie cardiovascolari (ICD IX-CM 390-459) e per patologie dell'apparato respiratorio (ICD IX-CM 460-519), assumendo che per queste patologie il tempo di latenza sia sufficiente.

Le informazioni derivano dal Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) del Lazio che rileva e gestisce i dati analitici di tutti i ricoveri ospedalieri (in acuzie e post-acuzie) che ogni anno si verificano negli Istituti di Ricovero e Cura (pubblici e privati) del Lazio. A tutte le persone della coorte sono stati attribuiti, utilizzando il codice fiscale come chiave di *linkage*, la diagnosi principale, la data di ricovero e di dimissione degli eventuali ricoveri per le cause studiate avuti nel periodo di *follow-up*. Non sono inclusi nelle analisi eventuali ricoveri della stessa persona avvenuti entro 30 giorni dalla data di dimissione di ciascun episodio di ricovero in studio.

### *Analisi statistica*

Sono stati prima di tutto calcolati gli anni-persona nei periodi pre- (1996-2002) e post-attività (2003-2008) degli impianti, ossia il tempo di osservazione dei soggetti in studio nei due periodi. Successivamente, sono stati calcolati i tassi grezzi di ospedalizzazione (considerando anche i ricoveri ripetuti) per singola causa di ricovero nei periodi pre- e post-attività dei termovalorizzatori, separatamente per i tre livelli di esposizione considerati. I tassi grezzi sono dati dal rapporto tra il numero dei ricoveri osservati nel periodo d'interesse e il tempo persona di osservazione (anni-persona). Il computo dei tassi grezzi è stato effettuato attribuendo l'esposizione al PM<sub>10</sub> prodotto dagli impianti a tutti i soggetti, anche se il ricovero d'interesse è avvenuto prima del 1 Gennaio 2003. Ciò ha consentito di stabilire l'esistenza di una modifica nella frequenza di ricoveri nelle tre zone di esposizione nel passaggio dal pre- al post-.

L'analisi dei dati è stata eseguita utilizzando il modello di Cox per eventi ripetuti inserendo l'esposizione al PM<sub>10</sub> dei termovalorizzatori come covariata tempo-

dipendente. La valutazione dell'effetto specifico dell'entrata in funzione dei termovalorizzatori è stata realizzata inserendo nel modello statistico l'interazione tra l'esposizione all'inquinante e il periodo di *follow-up* durante il quale si è verificato il ricovero come variabile dicotomica, che quindi assume valore "0" dal 1 Gennaio 1996 al 31 Dicembre 2002 e valore "1" dal 1 Gennaio 2003 al 31 Dicembre 2008. Tale approccio ha consentito di stimare il rischio di ospedalizzazione nel passaggio dal periodo pre- e quello post-attività dei termovalorizzatori nelle zone a media e ad alta esposizione, rispetto al ricorso alle cure ospedaliere nella zona di controllo.

L'analisi dei dati è stata effettuata seguendo l'approccio suggerito da Prentice et al.<sup>19</sup>, secondo cui l'insieme dei soggetti a rischio di sperimentare il  $k$ -esimo ricovero per un data causa in un generico istante  $t$  è costituito da tutti i soggetti sotto osservazione al tempo  $t$  che hanno precedentemente avuto il  $(k-1)$ -esimo ricovero per la stessa causa. I soggetti che non hanno subito alcun ricovero sono considerati a rischio del primo ricovero durante tutto il periodo di osservazione. Occorre precisare che, nel caso in cui tra due ricoveri per una data causa d'interesse, si sia verificato un ricovero per un'altra causa, durante il periodo di ospedalizzazione il soggetto è stato escluso dal *follow-up* per quel periodo. Parimenti, durante l'ospedalizzazione il soggetto non è considerato a rischio di ricovero per la causa su cui si sta indagando. Inoltre sono stati esclusi dal tempo a rischio anche i 30 giorni successivi al ricovero per la causa d'interesse o per altra causa

I modelli sono stati sviluppati sull'asse temporale dell'età e stratificati per sede del termovalorizzatore e classe di rischio. La classe di rischio rappresenta l'ordine di ricovero per cui il soggetto è a rischio in un dato momento del periodo di *follow-up*. Più precisamente, in un generico istante  $t$ , la classe di rischio assume valore "1" per tutti i soggetti che non sono mai stati ricoverati fino a quel momento (il soggetto è a rischio di subire il primo ricovero), valore "2" per tutti i soggetti che precedentemente all'istante  $t$  hanno subito il primo ricovero per la causa d'interesse o per altra causa (il soggetto è a rischio di subire il secondo ricovero), e così via valore " $k$ " per tutti i soggetti che precedentemente all'istante  $t$  hanno verificato il  $(k-1)$ -esimo ricovero per la causa d'interesse o per un'altra causa. In questo modo, ad ogni istante del periodo di *follow-up*, ai soggetti è attribuito un rischio di ricovero diverso sulla base dei ricoveri precedenti, in quanto è lecito supporre che coloro che hanno subito uno o più ricoveri per una qualsiasi causa abbiano una probabilità maggiore di essere

nuovamente ricoverati per la stessa causa o per una causa diversa. Ciò ha consentito di ottenere un effetto "esposizione al PM<sub>10</sub> di *background*/del termovalorizzatore" depurato rispettivamente dalla diversa composizione per età, dall'effetto residuale del contesto in cui sorge l'impianto e dagli eventuali ricoveri precedenti a quello per la causa d'interesse.

Si riporta di seguito la lista dei fattori confondenti introdotti nel modello al fine di tener conto, nella stima delle quantità d'interesse, delle caratteristiche peculiari dei territori in studio:

- livello socio-economico;
- residenza entro 500 m dalle autostrade;
- residenza entro 150 m dalle strade principali;
- residenza entro 1 Km dal fiume Sacco;
- residenza nell'area di Colleferro Scalo;
- residenza entro 2 Km da eventuali altre industrie presenti nell'area.

Nel determinare i rischi di ospedalizzazione connessi all'attivazione dei termovalorizzatori, nel modello è stato inserito il PM<sub>10</sub> di *background* come termine lineare, per verificare se, a parità di un inquinamento di fondo presente sul territorio, l'inquinamento prodotto dai termovalorizzatori ha rappresentato un ulteriore fattore di rischio per la popolazione in studio. Questa procedura ha anche consentito di valutare il rischio di ospedalizzazione associato all'inquinamento di *background*, a parità di esposizione ai termovalorizzatori ed alle altre caratteristiche del territorio sopra elencate.

L'associazione tra l'esposizione al PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori e la morbosità è stata valutata in termini di *Hazard Ratio* (HR), specifici per causa e genere, separatamente per la zona a media esposizione e quella ad alta esposizione. Essi consentono di stabilire se il rischio di ricovero per una data causa tra i soggetti residenti nelle zone a media e alta esposizione ha subito un incremento o una diminuzione nel periodo post-termovalorizzatore rispetto al periodo precedente di

inattività dell'impianto, prendendo a riferimento l'ospedalizzazione avvenuta per la medesima causa tra i soggetti residenti nella zona a bassa esposizione. Inoltre, sono stati calcolati anche gli intervalli di confidenza (IC 95%) degli HR, che forniscono gli estremi inferiore e superiore entro cui il valore vero dell'HR ricade con una probabilità prefissata di 0.95.

Gli HR e i rispettivi intervalli di confidenza sono stati calcolati anche sul totale dei residenti (uomini e donne), per i quali è stato effettuato il test sull'esistenza di un trend di ospedalizzazione tra le tre classi di esposizione. Tale ipotesi è stata valutata in termini di *p-value*: esso stabilisce se l'eventuale incremento/decremento di morbosità riscontrato nel periodo di attività degli impianti aumenti/diminuisca all'aumentare delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> a cui sono esposti i soggetti.

L'associazione tra l'esposizione al PM<sub>10</sub> di *background* e la morbosità dei soggetti residenti nelle aree d'interesse è stata espressa in termini di *Hazard Ratio* (HR), specifici per causa e genere, e sul totale dei soggetti. Essi descrivono l'aumento o la diminuzione del rischio di ricovero per una data causa all'aumentare della concentrazione di PM<sub>10</sub> di *background* a cui i soggetti sono esposti (per incremento di 1 µg/m<sup>3</sup>). Sono stati calcolati anche gli intervalli di confidenza degli HR (IC 95%), che forniscono gli estremi inferiore e superiore entro cui il valore vero dell'HR ricade con una probabilità prefissata di 0.95.

A causa dell'alta correlazione del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio sia con il PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori ( $r=0.78$ ) sia con il PM<sub>10</sub> di *background* ( $r=0.65$ ), è stato deciso di non considerare separatamente questo effetto, sia per non incorrere nel rischio di una errata stima dell'effetto dell'esposizione principale (termovalorizzatore), sia perché l'inquinamento di *background* comprende già parte del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio.

## **RISULTATI**

Nelle figure da 1 a 6 sono riportati i confini amministrativi dei comuni delle aree in studio, i termovalorizzatori, gli anelli concentrici della distanza dagli impianti (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 Km), i residenti, le autostrade e le strade principali. Nelle

mappe relative all'impianto di Colferro si riportano anche il fiume Sacco, il cementificio e i confini amministrativi di Colferro Scalo.

Le figure 1 e 2 riportano la concentrazione media annua del PM<sub>10</sub> di background nei territori d'interesse in cinque classi di uguale ampiezza.

Nelle figure 3 e 4 si riportano i risultati dei modelli di dispersione del PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori in cinque classi di uguale ampiezza. Le figure 5 e 6 mostrano la distribuzione dei residenti nelle tre zone di esposizione *bassa-media-alta*.

La Tabella 1 mostra le caratteristiche della coorte dei soggetti residenti nelle aree in studio tra il 1996 e il 2008, e quelle della coorte dei residenti nel periodo post-inizio attività dei termovalorizzatori (2003-2008), nelle tre zone di esposizione (*bassa-media-alta*) al PM<sub>10</sub> emesso dagli impianti.

La coorte dei residenti dal 1996 al 2008 è costituita da 47,192 persone delle quali il 94% risiede entro i 7 Km dal termovalorizzatore di Colferro e il 6% entro i 5 Km da quello di San Vittore del Lazio. Il 22% della popolazione è costituita da bambini (0-14 anni), il 13.1% da persone di 65 anni o più. Più della metà dei soggetti (52.7%) risiede in zone a media o alta concentrazione di PM<sub>10</sub> di *background*. Il 54.2% della popolazione è esposto a concentrazioni di PM<sub>10</sub> da cementificio medie o alte. Al 31 dicembre 2008, il 9.3% della popolazione risulta deceduto.

La coorte residente nel periodo post-termovalorizzatore è composta da 41,379 soggetti, di cui 20,857 (50,4%) risiedono nella zona a bassa esposizione, 12,132 (29.3%) in quella a media esposizione e 8,390 (20,3%) in quella ad alta esposizione. Tutti i 2,654 soggetti residenti del comune di San Vittore risiedono nella zona a bassa esposizione e fanno quindi parte del gruppo di riferimento di questo studio. Nelle zone ad alta esposizione risiedono maggiormente le persone con un livello socio-economico medio-alto o alto (35.9% e 28.6%). Più della metà dei soggetti residenti nella zona a media esposizione è esposta a concentrazioni di PM<sub>10</sub> di *background* media e alta (57.3% e 26.4%); il gruppo dei soggetti più esposti invece, risulta equidistribuito tra la zona a media ed alta esposizione al PM<sub>10</sub> di *background* (49.8% e 47.5%). La mortalità grezza osservata al 31 dicembre 2008 è pari al 5.2% della popolazione.

Sono stati stimati 240,584 anni-persona di osservazione nel periodo precedente l'attività dell'inceneritore e 208,935 nel periodo successivo.

Dei 47,192 residenti tra il 1996 e il 2008, più della metà non è mai ricorsa alle cure ospedaliere (54.1%), mentre il restante 45.9% è stato ricoverato almeno una volta. Tra questi, il 22.6% ha subito un solo ricovero, il 20.7% da due a cinque ricoveri, il 2.3% da sei a dieci ricoveri, mentre il residuo 0.3% è ricorso alle cure ospedaliere più di 10 volte nel periodo in studio. In riferimento ai 41,379 residenti nel periodo post-attività dei termovalorizzatori, il 67.6% non è mai ricorso alle cure ospedaliere, il 19.8% ha subito un solo ricovero, l'11.8% da due a cinque ricoveri, il residuo 0.8% a sei o più ricoveri.

Nella Tabella 2 si riportano, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), e per il totale dei residenti (c) i tassi grezzi (\*1000 persone) di ospedalizzazione per causa nei periodi pre- e post- inizio dell'attività dei termovalorizzatori nelle tre aree di esposizione al PM<sub>10</sub> emesso dagli impianti, con i relativi intervalli di confidenza.

### Uomini

Per i tre livelli di esposizione considerati, nel periodo successivo all'attivazione dei termovalorizzatori il tasso grezzo di ospedalizzazione per cause naturali è maggiore di quello che si osserva nel periodo pre-attività. Questo aumento è particolarmente evidente per le patologie a carico dell'apparato circolatorio e respiratorio. A tal proposito si noti che la differenza tra i tassi grezzi pre- e post-attività subisce un leggero incremento all'aumentare del livello di esposizione al PM<sub>10</sub>. Per tutte le altre malattie, non si riscontrano particolari differenze dei tassi di ospedalizzazione nei due periodi.

Tra i bambini (0-14 anni) si osserva un aumento dei ricoveri per cause naturali e malattie dell'apparato respiratorio a seguito della attivazione degli impianti ma solo nella zona ad alta concentrazione di PM<sub>10</sub>.

### Donne

Le donne, a parità di livello di esposizione, mostrano un aumento dei ricoveri per cause naturali nel periodo di attività dei termovalorizzatori, rispetto al periodo

precedente. Tale incremento si osserva principalmente per malattie dell'apparato respiratorio e di quello circolatorio, in tutte le tre categorie di esposizione.

Tra le bambine (0-14 anni) si registra, nel periodo post-attività degli impianti, un aumento delle ospedalizzazioni per cause naturali ma solo nelle aree ad alta esposizione.

### Totale

I tassi grezzi di ospedalizzazione calcolati sul totale dei residenti descrivono lo stesso andamento visto in precedenza, separatamente per uomini e donne: un leggero incremento dei ricoveri per tutte le cause naturali, per malattie cardiovascolari e dell'apparato respiratorio, nel passaggio dal periodo pre- a quello post-attività degli impianti che aumenta all'aumentare delle concentrazioni di  $PM_{10}$ .

Tra i bambini (0-14 anni) non si riscontrano, a parità di esposizione, aumenti delle ospedalizzazioni. Un leggero incremento dei ricoveri per cause naturali si osserva nella zona ad alta esposizione

La Tabella 3 mostra i risultati dell'analisi delle ospedalizzazioni per livelli di esposizione al  $PM_{10}$  prodotto dai termovalorizzatori, separatamente per genere e sul totale (uomini + donne). Si riportano il numero dei ricoveri per causa osservati e gli HR aggiustati per età, impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di autostrade, strade, fiume Sacco, industrie ed entro i confini di Colleferro Scalo, ed i relativi intervalli di confidenza al 95%.

### Uomini

Tra i residenti nelle aree maggiormente esposte al  $PM_{10}$  prodotto dai termovalorizzatori non si osservano differenze nel ricorso alle cure ospedaliere per tutte le cause rispetto al gruppo di controllo (residenti in zone a basse concentrazioni di  $PM_{10}$  prodotto dai termovalorizzatori). Tuttavia, l'analisi causa-specifica mostra un aumento del rischio di ospedalizzazione tra i residenti in zone ad elevate concentrazioni di  $PM_{10}$  pari al 26% per malattie dell'apparato respiratorio, soprattutto a carico delle malattie polmonari cronico ostruttive (+86%).

Tra i bambini (0-14 anni) si osserva una ospedalizzazione per cause naturali e cause specifiche sovrapponibile a quella del gruppo di riferimento. Nelle zone a media esposizione si registra un aumento del 60%, al limite della significatività statistica, dei ricoveri per infezioni acute delle vie respiratorie.

### Donne

Le donne residenti nelle aree a media e alta esposizione presentano una ospedalizzazione per cause naturali simile a quella del gruppo di riferimento. Esaminando i ricoveri per causa specifica, non emergono incrementi o diminuzioni significative dei rischi di ospedalizzazione nelle aree a maggiore esposizione.

### Totale

Effettuando l'analisi sul totale dei residenti, non si riscontrano particolari aumenti o decrementi delle ospedalizzazioni, né per cause naturali né per causa specifica, associati ai livelli di concentrazione del PM<sub>10</sub>. Si registra, tuttavia, un trend lineare delle ospedalizzazioni per tutte le patologie dell'apparato respiratorio (*p-value*=0.088) e per le malattie polmonari cronico ostruttive (*p-value*=0.038).

La Tabella 4 mostra l'effetto lineare (per incremento di 1 µg/m<sup>3</sup>) del PM<sub>10</sub> di *background*. Si riportano, separatamente per gli uomini e le donne, e sul totale (uomini + donne) il numero di ricoveri per causa osservati e gli HR aggiustati età, sede dell'impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di autostrade, strade, fiume Sacco, industrie ed entro i confini di Colleferro Scalo e per esposizione al PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori, con i relativi intervalli di confidenza al 95%.

### Uomini

Gli uomini mostrano un eccesso del 4% delle ospedalizzazioni per cause naturali per incremento di 1 µg/m<sup>3</sup> del PM<sub>10</sub> di *background*. Analizzando i ricoveri causa-specifici emergono diversi eccessi: +7% dei ricoveri per il grande gruppo delle patologie cardiovascolari (in particolare, per le malattie cardiache si registra un aumento dell'11%); +6% dei ricoveri per le malattie a carico dell'apparato respiratorio, eccesso che raggiunge il 10% se si considerano i ricoveri per infezioni acute delle vie respiratorie.

Tra i bambini (0-14 anni) si osserva un eccesso di ospedalizzazioni per cause naturali del 5%. Inoltre, si registra un aumento del 5% delle ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio, che raggiunge il 7% per le infezioni acute delle vie respiratorie.

### Donne

Nel gruppo delle donne residenti nelle aree in studio si registra un aumento del rischio di ricovero per tutte le cause pari al 2%. Analizzando i ricoveri per causa specifica si osservano eccessi significativi per malattie del sistema circolatorio (+9%) e, nello specifico, per patologie cardiache (+16%) e ischemiche del cuore (+23%). Inoltre, le donne presentano un aumento del rischio di ospedalizzazione per malattie dell'apparato respiratorio pari al 7% per incremento unitario di PM<sub>10</sub>, eccesso che sale all'11% prendendo in considerazione il sottogruppo delle infezioni acute delle vie respiratorie.

Tra le bambine (0-14 anni) si osserva un incremento delle ospedalizzazioni per tutte le cause del 5%.

### Totale

L'intera coorte dei residenti presenta un aumento del 3% della frequenza di ricoveri per tutte le cause, per incremento unitario della concentrazione di PM<sub>10</sub>. Prendendo in esame le ospedalizzazioni per causa specifica, si osservano eccessi significativi per patologie a carico del sistema cardiovascolare (+8%), specificatamente per malattie cardiache (+13%) e ischemiche del cuore (+14%), e per patologie dell'apparato respiratorio (+7%), in particolar modo per le infezioni acute delle vie respiratorie (+11%).

I bambini (0-14 anni) presentano un incremento del 4% del rischio di ospedalizzazione per tutte le cause naturali. Anche per il sottogruppo delle patologie a carico dell'apparato respiratorio si registra un aumento del 4% della frequenza di ricoveri, all'aumentare della concentrazione di PM<sub>10</sub> a cui sono esposti.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati dello studio indicano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico di *background* è associata ad un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi cardiovascolari e respiratori. La frequenza di ricoveri per cause respiratorie, tra gli uomini residenti nelle aree ad alta esposizione, è ulteriormente aumentata a seguito dell'attivazione dei termovalorizzatori. Poiché in questa coorte i residenti nel comune di San Vittore del Lazio fanno parte del gruppo di controllo, tutti gli eccessi osservati si riferiscono ai residenti nel comune di Colleferro.

L'eccesso di malattie dell'apparato respiratorio tra gli adulti e l'eccesso di asma bronchiale nei bambini è stata osservata in un recente studio condotto nell'area<sup>17</sup>. Gli autori attribuiscono gli eccessi osservati ad una esposizione cronica ad inquinamento ambientale. A tal proposito, anche una indagine nazionale sui disturbi respiratori nell'infanzia aveva rilevato una elevata prevalenza di asma bronchiale tra i bambini residenti a Colleferro<sup>20</sup>.

In una situazione già complessa dal punto di vista della qualità dell'aria, l'attivazione dei termovalorizzatori sembra aver comportato un aumento del rischio di ricovero per problemi dell'apparato respiratorio del 26% (eccesso che raggiunge l'86% se si considerano le malattie polmonari cronico ostruttive) tra gli uomini residenti a Colleferro nelle zone ad alta concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti.

Il PM<sub>10</sub>, scelto in questo studio come tracciante dell'inceneritore è stato utilizzato come marcatore per surrogati di esposizione a miscele complesse di sostanze inquinanti prodotte dai processi di combustione: particelle (PM<sub>10</sub> ma anche frazioni di particolato più piccole), gas, metalli e composti organici<sup>9,16</sup>.

L'aumento di rischio per malattie dell'apparato cardiovascolare e dell'apparato respiratorio all'aumentare delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> di background può essere considerato un effetto plausibile dell'inquinamento atmosferico tipico delle aree industriali, come indicato in letteratura. Esiste un corpo di evidenze scientifiche in grado di suffragare i risultati per quanto riguarda gli effetti cardiovascolari e respiratori derivanti anche da recenti studi che hanno valutato gli effetti

dell'inquinamento atmosferico ed in maniera integrata l'impatto su ambiente e salute del ciclo dei rifiuti<sup>21-23</sup>.

Lo studio condotto da Ranzi e colleghi<sup>16</sup> sulla coorte dei residenti nei pressi di due inceneritori vicino Forlì ha osservato una mortalità generale e quella per cause tumorali inferiore a quella attesa su base regionale. Le analisi interne alla coorte, volte a valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti prodotti dai siti di incenerimento e la mortalità per causa, non hanno evidenziato alterazioni del rischio tra gli uomini. Tra le donne, invece, si è registrato un incremento della mortalità per tutte le cause in tutte le categorie di esposizione e un eccesso di decessi per malattie cardiovascolari in corrispondenza di una alta esposizione.

Lo studio presentato, grazie all'approccio di coorte utilizzato, alla disponibilità dei dati anagrafici, alla georeferenziazione dei residenti e all'uso dei modelli di dispersione per la stima delle concentrazioni al suolo del PM<sub>10</sub>, ha consentito di attribuire i livelli di esposizione dei residenti nel territorio d'interesse. Tuttavia a tal proposito occorre precisare che, non avendo a disposizione per tutti i soggetti l'intera storia anagrafica dei movimenti domiciliari all'interno dello stesso comune o tra i comuni interessati, si è utilizzata la prima residenza nel periodo in studio.

Un ulteriore punto di forza dello studio è l'aver tenuto conto, nella stima delle associazioni tra inquinamento dell'aria e stato di salute della coorte, di variabili potenzialmente confondenti la relazione in studio, quali l'età, il livello socio-economico, la residenza in prossimità di strade, autostrade, industrie e, per il comune di Colleferro, di alcune criticità locali (residenza entro i confini di Colleferro Scalo e in prossimità del Fiume Sacco). Tuttavia sarebbe auspicabile poter disporre nell'analisi di altre informazioni, quali l'esposizione occupazionale (soprattutto in un territorio come quello di Colleferro, caratterizzato dalla presenza di numerosi stabilimenti industriali) e lo stile di vita (abitudine al fumo etc). Inoltre, l'impiego di una misura dello status socio-economico a livello individuale, e non a livello di piccola area di residenza, sicuramente consentirebbe una maggiore accuratezza nell'attribuzione del rischio per la salute connesso allo *status* degli individui coinvolti nello studio.

In conclusione, i risultati indicano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico nella popolazione residente è associata ad un incremento delle ospedalizzazioni per disturbi

cardiovascolari e respiratori, sia tra gli uomini che tra le donne. Le ospedalizzazioni per patologie a carico dell'apparato respiratorio sono ulteriormente aumentate in seguito all'attivazione dei termovalorizzatori tra le persone di sesso maschile. I risultati possono essere considerati plausibili quando si considera che le emissioni degli impianti durante il periodo in esame potrebbero essere state diverse rispetto a quanto autorizzato.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Tango T, Fujita T, Tanihata T et al: Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. *J Epidemiol* 2004, 14:83-93.
2. Vinceti M, Malagoli C, Teggi S et al: Adverse pregnancy outcomes in a population exposed to the emissions of a municipal waste incinerator. *Sci Total Environ* 2008, 407:116-121.
3. Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L: Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, North West England, 1956-93. *J Epidemiol Comm Health* 2003, 57:456-461.
4. Lin CH, Li CY, Mao I-F: Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerators generated PCDD/F. *Environ Int* 2006, 32:624-629.
5. Elliott P, Hills M, Beresford J et al: Incidence of cancers of the larynx and lung near incinerators of waste solvents and oils in Great Britain. *Lancet* 1992, 339:854-858.
6. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I et al: Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996, 73:702-710.
7. Viel JF, Arveux P, Baverel J, Cahn JY: Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am J Epidemiol* 2000, 152:13-19.
8. Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, Viel JF: Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* 2003, 14:392-398.
9. Viel JF, Daniau C, Gorla S, Fabre P, de Crouy-Chanel P, Sauleau EA, Empereur-Bissonnet P: Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health* 2008, 7:51.
10. Comba P, Ascoli V, Belli S et al: Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. *Occup Environ Med* 2003, 60:680-683.
11. Zambon P, Ricci P, Bovo E et al: Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environ Health* 2007, 16:6-19.

12. Cordier S, Lehébel A, Amar E et al: Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. *Occup Environ Med* 2010, 67:493-499.
13. Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F: Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanita* 2004; 40:101-115.
14. WHO: Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO workshop, Rome, Italy; 2007 [[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0012/91101/E91021.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/91101/E91021.pdf)].
15. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009, 8:60.
16. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci C e Forastiere F: Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environ Health* 2011, 10: 10-22.
17. Fantini F, Porta D, Fano V et al: Indagini epidemiologiche sullo stato di salute della popolazione residente nell'area della Valle del Sacco. *Epidem&Prev* 2012, 36 (5 Suppl): 44-52.
18. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *Epidem&Prev* 2006 Nov-Dec; 30(6):352-357.
19. Prentice R, Williams B, Peterson V: On the regression analysis of multivariate failure time data. *Biometrika* 1981, 68:373-379.
20. Sestini P, De Sario M, Bugiani M et al: Gruppo Collaborativo SIDRIA-2. *Epidem&Prev* 2005; 29(2 Suppl): 24-31.
21. ATS 1996. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 153:3-50.
22. WHO 2005. Air quality guidelines : global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An

update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010 Jun 1;121(21):2331-78.

23. Kim YM, Kim JW, Lee HJ: Burden of disease attributable to air pollutants from municipal solid waste incinerators in Seoul, Korea: a source-specific approach for environmental burden of disease. *Sci Total Environ* 2011, 409(11):2019-28.

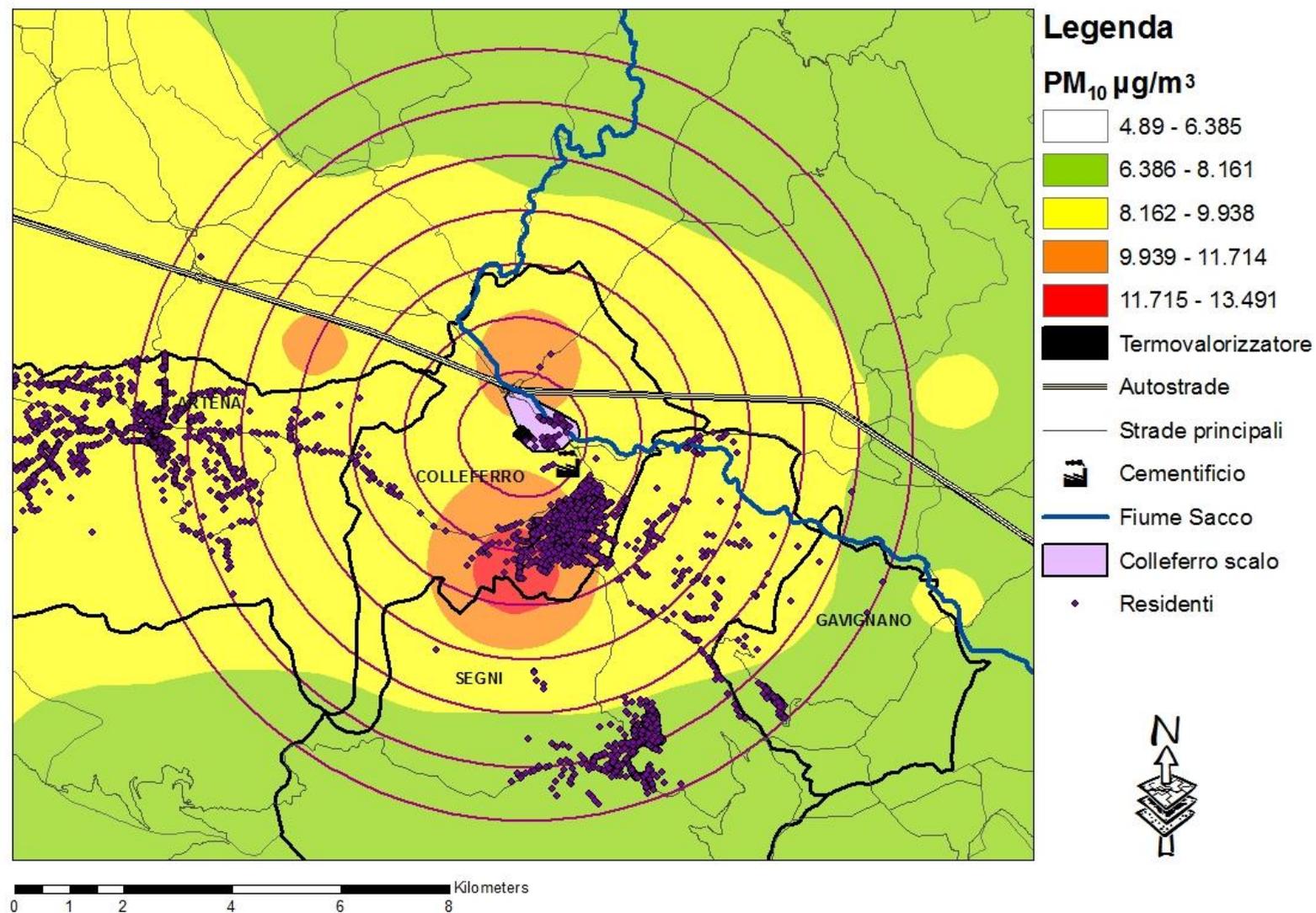
Figura 1. Termovalorizzatore di Colferro: concentrazione media annua del PM<sub>10</sub> di *background*

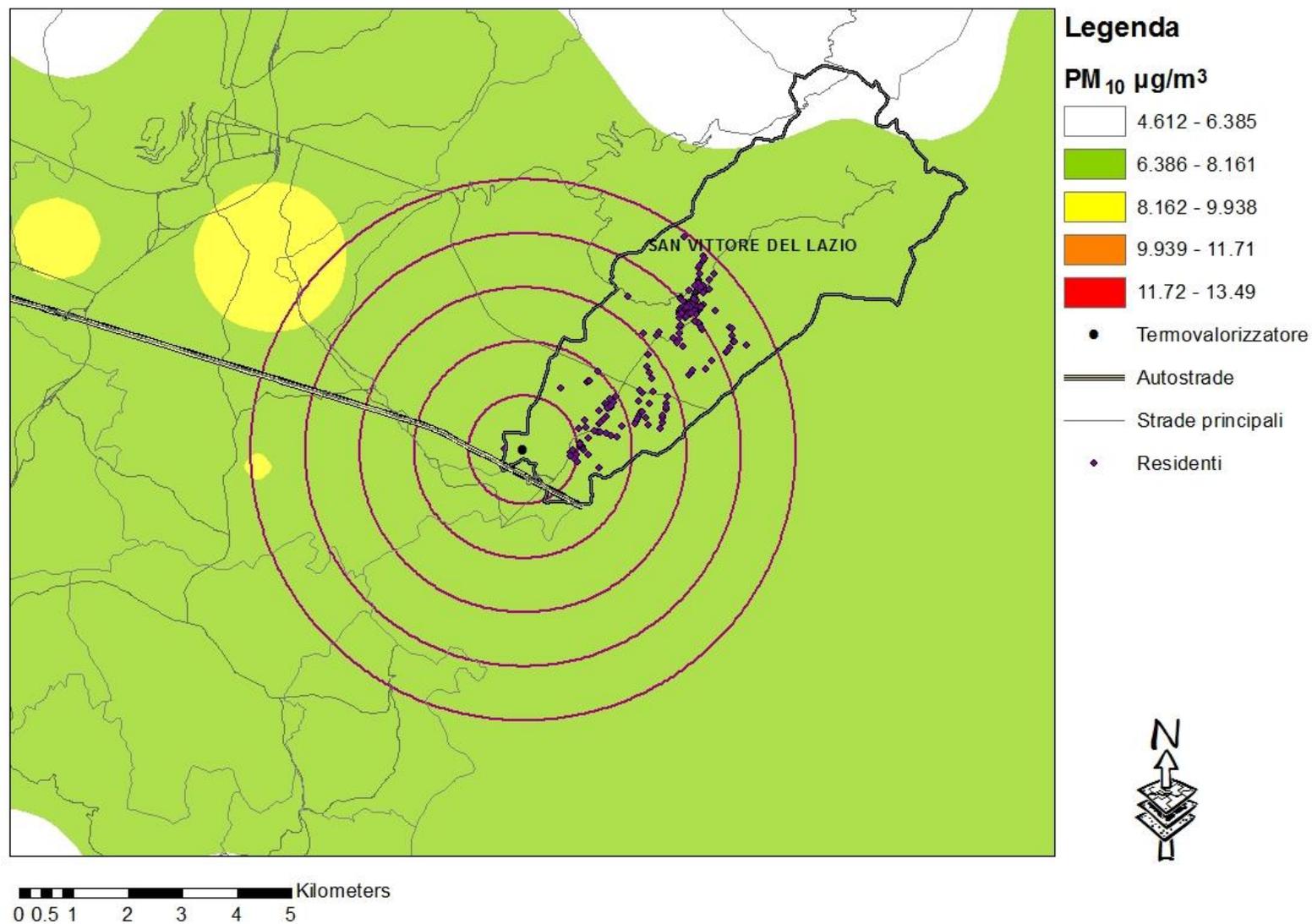
Figura 2. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: concentrazione media annua di PM<sub>10</sub> di *background*

Figura 3. Termovalorizzatore di Colferro: modello di dispersione del PM<sub>10</sub> prodotto dall'impianto

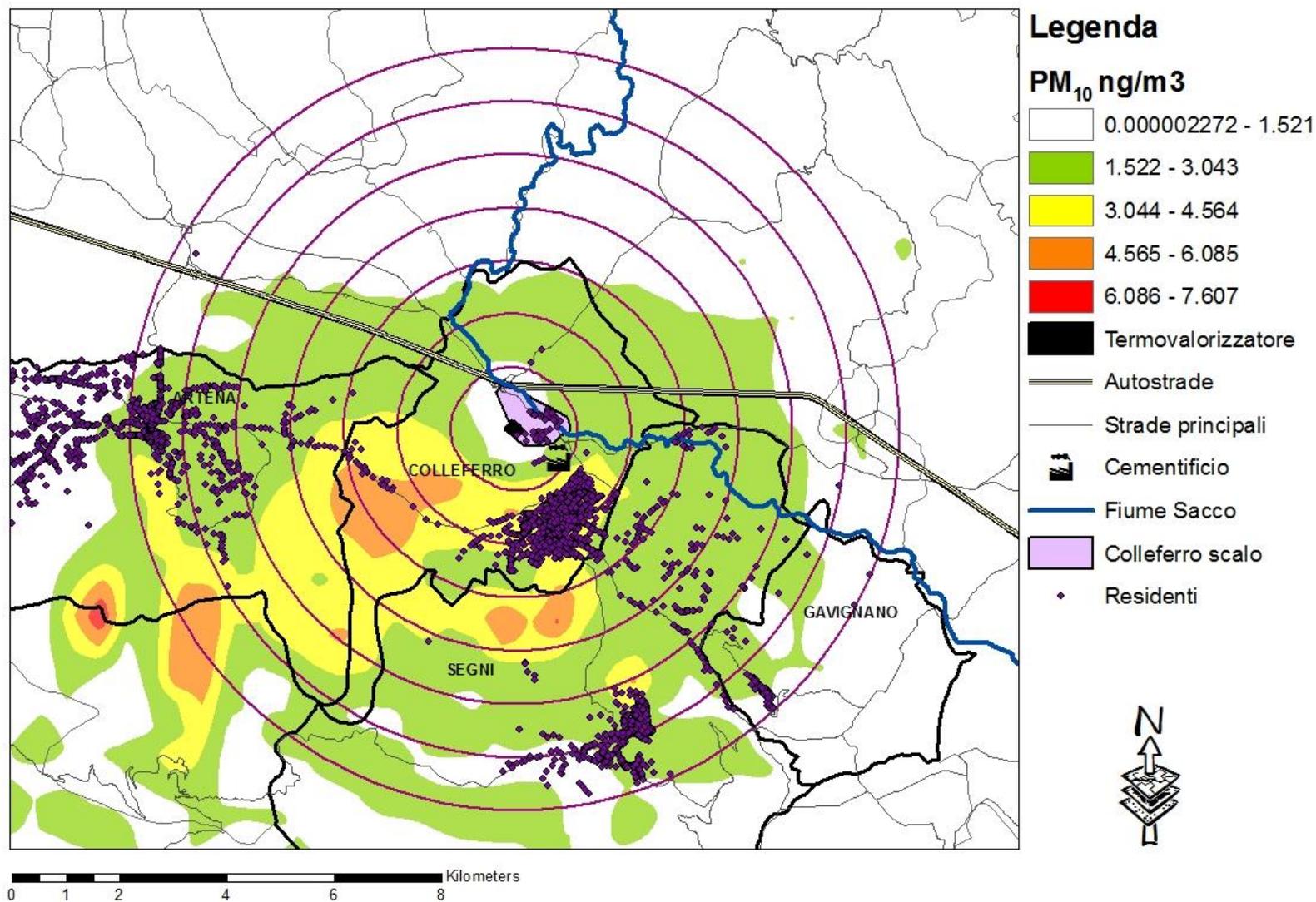


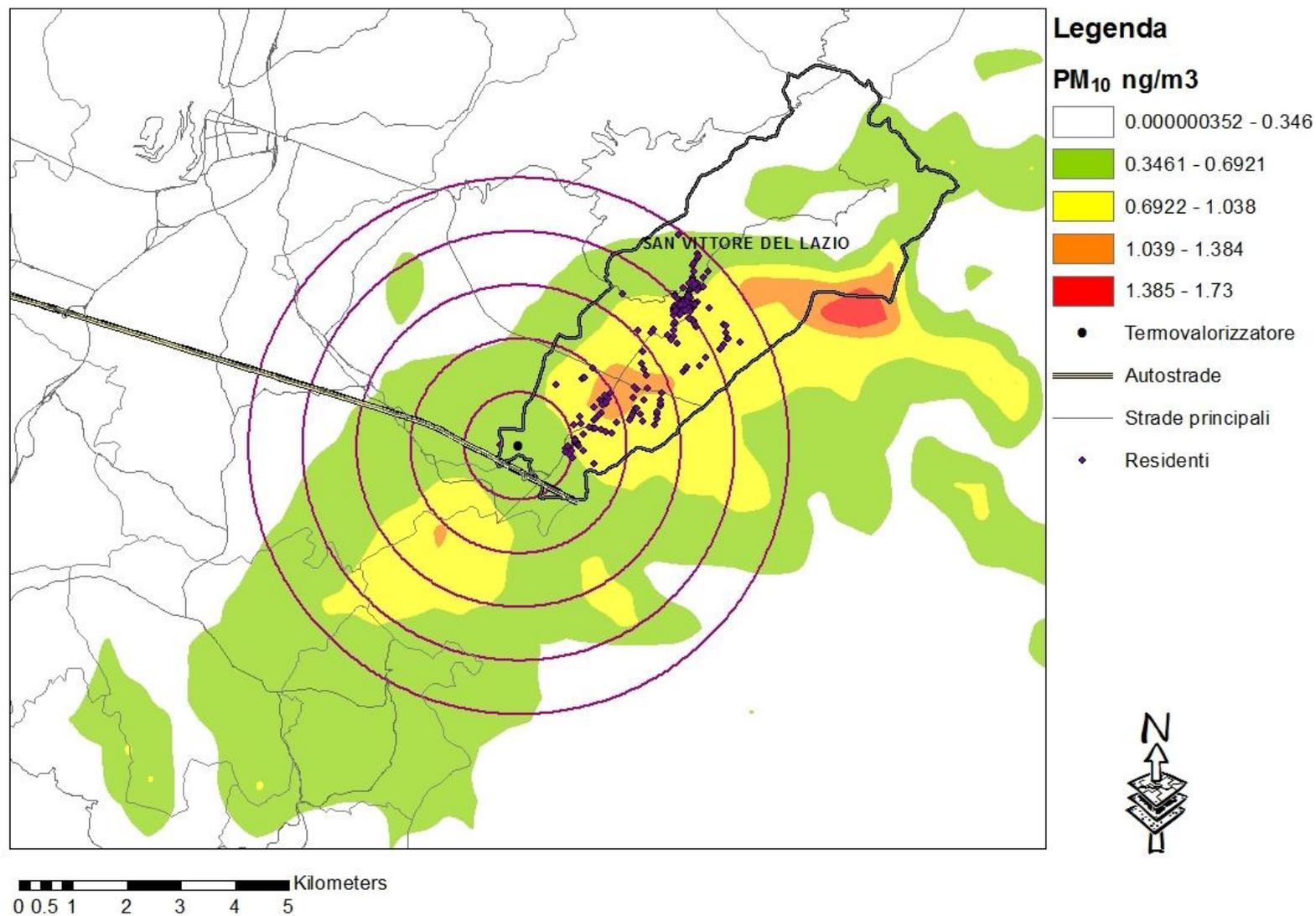
Figura 4. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: modello di dispersione del PM<sub>10</sub> prodotto dall'impianto

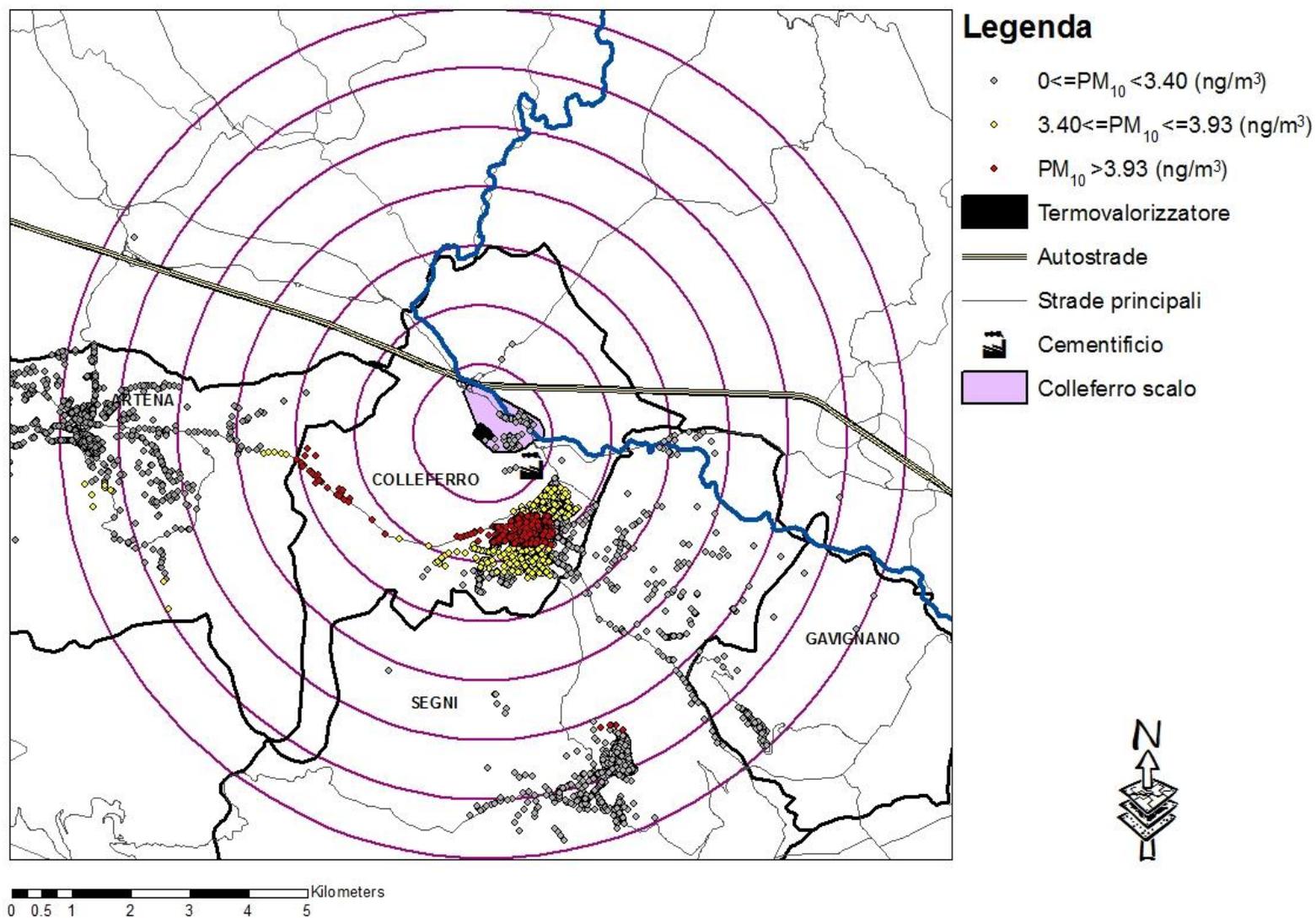
Figura 5. Termovalorizzatore di Colferro: distribuzione dei residenti in base all'esposizione (bassa-media-alta) al  $PM_{10}$  prodotto dall'impianto

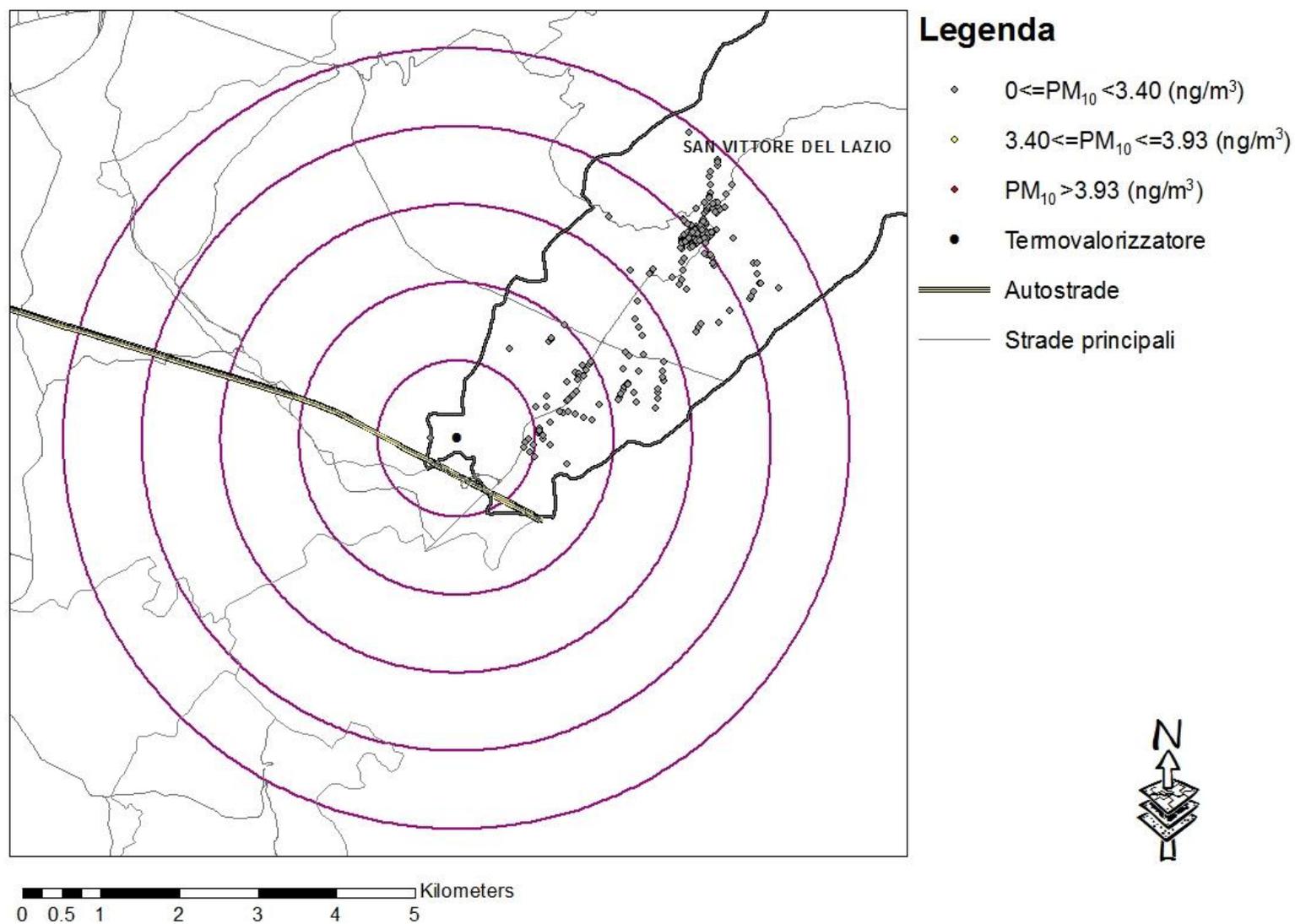
Figura 6. Termovalorizzatore di San Vittore del Lazio: distribuzione dei residenti in base all'esposizione (bassa-media-alta) al  $PM_{10}$  prodotto dall'impianto

Tabella 1. Caratteristiche della coorte dei residenti nei periodi 1996-2008 e 2003-2008 (periodo di attività dei termovalorizzatori) per livelli di esposizione al PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori

		Residenti 1996-2008		Residenti 2003-2008 per esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatore							
				Bassa		Media		Alta		Totale	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	Totale	47,192	100.0	20,857	100.0	12,132	100.0	8,390	100.0	41,379	100.0
Genere	Maschi	23,308	49.4	10,361	49.7	5,822	48.0	4,087	48.7	20,270	49.0
	Femmine	23,884	50.6	10,496	50.3	6,310	52.0	4,303	51.3	21,109	51.0
Età	0-14	10,369	22.0	3,841	18.4	2,193	18.1	1,264	15.1	7,298	17.6
	15-44	21,049	44.6	9,245	44.3	5,232	43.1	3,607	43.0	18,084	43.7
	45-64	9,573	20.3	4,387	21.0	2,890	23.8	1,965	23.4	9,242	22.3
	>65	6,201	13.1	3,384	16.2	1,817	15.0	1,554	18.5	6,755	16.3
Livello socio-economico	Alto	4,507	9.6	844	4.0	709	5.8	2,396	28.6	3,949	9.5
	Medio-alto	13,029	27.6	5,661	27.1	2,714	22.4	3,012	35.9	11,387	27.5
	Medio	15,552	33.0	4,792	23.0	5,825	48.0	2,963	35.3	13,580	32.8
	Medio-Basso	8,812	18.7	5,065	24.3	2,697	22.2	0	0.0	7,762	18.8
	Basso	2,910	6.2	2,543	12.2	0	0.0	0	0.0	2,543	6.1
	missing	2,382	5.0	1,952	9.4	187	1.5	19	0.2	2,158	5.2
Termovalorizzatore	Colleferro	44,342	94.0	18,203	87.3	12,132	100.0	8,390	100.0	38,725	93.6
	San Vittore	2,850	6.0	2,654	12.7	0	0.0	0	0.0	2,654	6.4
PM <sub>10</sub> di background	< 50° percentile	22,328	47.3	17,490	83.9	1,977	16.3	230	2.7	19,697	47.6
	50° - 80° percentile	15,870	33.6	2,704	13.0	6,951	57.3	4,175	49.8	13,830	33.4
	> 80° percentile	8,994	19.1	663	3.2	3,204	26.4	3,985	47.5	7,852	19.0
PM <sub>10</sub> cementificio	< 50° percentile	21,635	45.8	13,971	67.0	5,130	42.3	0	0.0	19,101	46.2
	50° - 80° percentile	16,896	35.8	6,644	31.9	90	0.7	7,993	95.3	14,727	35.6
	> 80° percentile	8,661	18.4	242	1.2	6,912	57.0	397	4.7	7,551	18.2
Strade principali	<= 150 m	25,954	55.0	11,710	56.1	5,156	42.5	5,953	71.0	22,819	55.1
	Autostrade	<= 500 m	316	0.7	286	1.4	0	0.0	0	0.0	286
Industrie	0 - 1 Km	9,271	19.6	1,572	7.5	4,818	39.7	1,547	18.4	7,937	19.2
	1 - 2 Km	21,630	45.8	5,245	25.1	7,064	58.2	6,573	78.3	18,882	45.6
Fiume Sacco	<= 1 Km	5,401	11.4	2,201	10.6	2,447	20.2	10	0.1	4,658	11.3
Colleferro Scalo	Residenti	1,416	3.0	1,204	5.8	0	0.0	0	0.0	1,204	2.9
	Residenti	35,400	75.0	17,742	85.1	10,448	86.1	7,210	85.9	35,400	85.6
Stato in vita	Deceduti	4,399	9.3	1,179	5.7	572	4.7	421	5.0	2,172	5.2
	Emigrati o Irreperibili	7,393	15.7	1,936	9.3	1,112	9.2	759	9.0	3,807	9.2
Anni Persona	Pre-	240,580									
	Post-	208,935									

Tabella 2. Tassi grezzi (\*1000 persone) di ospedalizzazione e Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per livelli di esposizione al PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori

## a)Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatori																							
	Bassa						Media						Alta											
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività								
	n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%		n	Tassi	IC 95%					
Cause naturali (001-629;677-799)	5,176	93.4	90.9	96.0	4,883	97.9	95.2	100.7	2,969	84.5	81.5	87.6	2,673	90.5	87.2	94.0	2,036	79.8	76.4	83.3	1,910	91.2	87.2	95.3
Malattie sistema circolatorio (390-459)	1,043	18.8	17.7	20.0	1,069	21.4	20.2	22.8	595	16.9	15.6	18.3	585	19.8	18.3	21.5	379	14.9	13.4	16.4	439	21.0	19.1	23.0
Malattie cardiache (390-429)	654	11.8	10.9	12.7	668	13.4	12.4	14.4	359	10.2	9.2	11.3	367	12.4	11.2	13.8	236	9.2	8.1	10.5	295	14.1	12.6	15.8
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	190	3.4	3.0	4.0	237	4.8	4.2	5.4	144	4.1	3.5	4.8	128	4.3	3.6	5.2	106	4.2	3.4	5.0	117	5.6	4.7	6.7
Malattie cerebrovascolari (430-438)	205	3.7	3.2	4.2	232	4.7	4.1	5.3	107	3.0	2.5	3.7	131	4.4	3.7	5.3	49	1.9	1.5	2.5	73	3.5	2.8	4.4
Malattie apparato respiratorio (460-519)	649	11.7	10.8	12.6	672	13.5	12.5	14.5	305	8.7	7.8	9.7	337	11.4	10.3	12.7	201	7.9	6.9	9.0	243	11.6	10.2	13.2
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	179	3.2	2.8	3.7	222	4.5	3.9	5.1	89	2.5	2.1	3.1	112	3.8	3.2	4.6	60	2.4	1.8	3.0	66	3.2	2.5	4.0
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	166	3.0	2.6	3.5	97	1.9	1.6	2.4	40	1.1	0.8	1.6	37	1.3	0.9	1.7	35	1.4	1.0	1.9	37	1.8	1.3	2.4
Asma (493)	37	0.7	0.5	0.9	38	0.8	0.6	1.0	17	0.5	0.3	0.8	19	0.6	0.4	1.0	11	0.4	0.2	0.8	10	0.5	0.3	0.9
Popolazione 0-14 anni																								
Cause naturali (001-629;677-799)	687	64.3	59.7	69.3	811	65.1	60.7	69.7	443	67.3	61.3	73.8	478	66.0	60.4	72.2	253	56.9	50.3	64.4	298	62.6	55.9	70.1
Malattie apparato respiratorio (460-519)	221	20.7	18.1	23.6	256	20.5	18.2	23.2	124	18.8	15.8	22.5	150	20.7	17.7	24.3	75	16.9	13.5	21.2	99	20.8	17.1	25.3
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	93	8.7	7.1	10.7	100	8.0	6.6	9.8	44	6.7	5.0	9.0	65	9.0	7.0	11.4	25	5.6	3.8	8.3	30	6.3	4.4	9.0
Asma (493)	28	2.6	1.8	3.8	31	2.5	1.7	3.5	15	2.3	1.4	3.8	17	2.3	1.5	3.8	10	2.2	1.2	4.2	9	1.9	1.0	3.6

## b)Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatori																				
	Bassa						Media						Alta								
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività					
	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%
Cause naturali (001-629;677-799)	4,731	81.5	79.2 83.9	4,771	92.2	89.6 94.9	2,741	73.3	70.6 76.1	2,751	85.3	82.2 88.5	1,920	72.0	68.8 75.3	1,905	85.4	81.7 89.3			
Malattie sistema circolatorio (390-459)	959	16.5	15.5 17.6	1,053	20.4	19.2 21.6	487	13.0	11.9 14.2	577	17.9	16.5 19.4	310	11.6	10.4 13.0	350	15.7	14.1 17.4			
Malattie cardiache (390-429)	605	10.4	9.6 11.3	671	13.0	12.0 14.0	291	7.8	6.9 8.7	365	11.3	10.2 12.5	189	7.1	6.1 8.2	221	9.9	8.7 11.3			
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	111	1.9	1.6 2.3	116	2.2	1.9 2.7	57	1.5	1.2 2.0	86	2.7	2.2 3.3	50	1.9	1.4 2.5	45	2.0	1.5 2.7			
Malattie cerebrovascolari (430-438)	188	3.2	2.8 3.7	218	4.2	3.7 4.8	95	2.5	2.1 3.1	118	3.7	3.1 4.4	64	2.4	1.9 3.1	75	3.4	2.7 4.2			
Malattie apparato respiratorio (460-519)	405	7.0	6.3 7.7	430	8.3	7.6 9.1	248	6.6	5.9 7.5	298	9.2	8.2 10.3	162	6.1	5.2 7.1	168	7.5	6.5 8.8			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	129	2.2	1.9 2.6	167	3.2	2.8 3.8	73	2.0	1.6 2.5	94	2.9	2.4 3.6	46	1.7	1.3 2.3	38	1.7	1.2 2.3			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	72	1.2	1.0 1.6	53	1.0	0.8 1.3	33	0.9	0.6 1.2	38	1.2	0.9 1.6	18	0.7	0.4 1.1	16	0.7	0.4 1.2			
Asma (493)	27	0.5	0.3 0.7	25	0.5	0.3 0.7	5	0.1	0.1 0.3	13	0.4	0.2 0.7	13	0.5	0.3 0.8	6	0.3	0.1 0.6			
Popolazione 0-14 anni																					
Cause naturali (001-629;677-799)	548	53.1	48.9 57.8	633	54.0	50.0 58.4	354	57.7	52.0 64.1	361	51.7	46.6 57.3	205	51.9	45.3 59.5	228	55.4	48.6 63.0			
Malattie apparato respiratorio (460-519)	147	14.3	12.1 16.8	178	15.2	13.1 17.6	113	18.4	15.3 22.2	119	17.0	14.2 20.4	64	16.2	12.7 20.7	66	16.0	12.6 20.4			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	64	6.2	4.9 7.9	91	7.8	6.3 9.5	43	7.0	5.2 9.5	51	7.3	5.6 9.6	22	5.6	3.7 8.5	18	4.4	2.8 6.9			
Asma (493)	11	1.1	0.6 1.9	17	1.5	0.9 2.3	3	0.5	0.2 1.5	10	1.4	0.8 2.7	9	2.3	1.2 4.4	4	1.0	0.4 2.6			

## c)Totale

CAUSA (ICD-9-CM)	Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatori																					
	Bassa						Media						Alta									
	Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività			Pre-attività			Post-attività						
	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	n	Tassi	IC 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	9,907	87.3	85.6 89.1	9,654	95.0	93.1 96.9	5,710	78.7	76.7 80.8	5,424	87.8	85.5 90.2	3,956	75.8	73.5 78.2	3,815	88.2	85.4 91.0				
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,002	17.6	16.9 18.4	2,122	20.9	20.0 21.8	1,082	14.9	14.1 15.8	1,162	18.8	17.8 19.9	689	13.2	12.3 14.2	789	18.2	17.0 19.6				
Malattie cardiache (390-429)	1,259	11.1	10.5 11.7	1,339	13.2	12.5 13.9	650	9.0	8.3 9.7	732	11.8	11.0 12.7	425	8.1	7.4 9.0	516	11.9	10.9 13.0				
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	301	2.7	2.4 3.0	353	3.5	3.1 3.9	201	2.8	2.4 3.2	214	3.5	3.0 4.0	156	3.0	2.6 3.5	162	3.7	3.2 4.4				
Malattie cerebrovascolari (430-438)	393	3.5	3.1 3.8	450	4.4	4.0 4.9	202	2.8	2.4 3.2	249	4.0	3.6 4.6	113	2.2	1.8 2.6	148	3.4	2.9 4.0				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,054	9.3	8.7 9.9	1,102	10.8	10.2 11.5	553	7.6	7.0 8.3	635	10.3	9.5 11.1	363	7.0	6.3 7.7	411	9.5	8.6 10.5				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	308	2.7	2.4 3.0	389	3.8	3.5 4.2	162	2.2	1.9 2.6	206	3.3	2.9 3.8	106	2.0	1.7 2.5	104	2.4	2.0 2.9				
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	238	2.1	1.8 2.4	150	1.5	1.3 1.7	73	1.0	0.8 1.3	75	1.2	1.0 1.5	53	1.0	0.8 1.3	53	1.2	0.9 1.6				
Asma (493)	64	0.6	0.4 0.7	63	0.6	0.5 0.8	22	0.3	0.2 0.5	32	0.5	0.4 0.7	24	0.5	0.3 0.7	16	0.4	0.2 0.6				
Popolazione 0-14 anni																						
Cause naturali (001-629;677-799)	1,235	58.8	55.6 62.2	1,444	59.7	56.7 62.9	797	62.7	58.5 67.2	839	59.0	55.1 63.1	458	54.6	49.8 59.8	526	59.2	54.4 64.5				
Malattie apparato respiratorio (460-519)	368	17.5	15.8 19.4	434	17.9	16.3 19.7	237	18.6	16.4 21.2	269	18.9	16.8 21.3	139	16.6	14.0 19.6	165	18.6	16.0 21.6				
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	157	7.5	6.4 8.7	191	7.9	6.9 9.1	87	6.8	5.5 8.4	116	8.2	6.8 9.8	47	5.6	4.2 7.5	48	5.4	4.1 7.2				
Asma (493)	39	1.9	1.4 2.5	48	2.0	1.5 2.6	18	1.4	0.9 2.2	27	1.9	1.3 2.8	19	2.3	1.4 3.5	13	1.5	0.9 2.5				

Tabella 3. Effetto dei termovalorizzatori (confronto tra periodo post inizio attività vs periodo precedente) sull'ospedalizzazione nelle aree a media e alta concentrazione di PM<sub>10</sub>: Rischi Relativi di ospedalizzazione (Hazard Ratio, HR), e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%, aggiustati per età, sede dell'impianto, classe di rischio, PM<sub>10</sub> di *background*, livello socio-economico, residenza in prossimità di industrie, strade, autostrade, Fiume Sacco, residenza entro Colferro Scalo

Nella seconda parte della tabella (b) sul totale dei residenti (uomini + donne) si riporta il *p-value* del test sul trend lineare tra le classi di esposizione.

## a)Uomini - Donne

Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatori	Uomini									Donne								
	Bassa		Media			Alta				Bassa		Media			Alta			
CAUSA (ICD-9-CM)	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%	
Cause naturali (001-629;677-799)	10,071	5,646	0.96	0.89	1.04	3,951	1.03	0.94	1.12	9,510	5,500	1.02	0.94	1.10	3,827	1.02	0.93	1.11
Malattie sistema circolatorio (390-459)	2,114	1,180	0.97	0.82	1.15	818	1.17	0.96	1.42	2,013	1,064	1.06	0.88	1.27	660	1.01	0.82	1.25
Malattie cardiache (390-429)	1,323	726	1.00	0.80	1.26	531	1.24	0.97	1.60	1,277	656	1.07	0.84	1.37	410	1.02	0.77	1.34
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	427	272	0.73	0.50	1.07	223	0.96	0.64	1.44	227	143	1.58	0.96	2.62	95	0.85	0.48	1.53
Malattie cerebrovascolari (430-438)	437	238	1.08	0.77	1.52	122	1.39	0.88	2.18	406	213	1.04	0.72	1.50	139	0.95	0.62	1.45
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,321	643	1.12	0.91	1.38	444	<b>1.26</b>	0.99	1.60	837	546	1.16	0.92	1.47	330	1.02	0.77	1.35
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	401	201	1.11	0.77	1.59	126	0.98	0.64	1.49	297	167	1.04	0.71	1.54	84	0.67	0.41	1.12
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	263	77	1.58	0.85	2.96	72	<b>1.86</b>	1.04	3.33	125	71	1.45	0.68	3.10	34	1.12	0.41	3.06
Asma (493)	75	36	1.30	0.54	3.11	21	1.07	0.41	2.84	52	18	3.05	0.93	10.03	19	0.56	0.16	1.91
Popolazione 0-14 anni																		
Cause naturali (001-629;677-799)	1,508	925	0.98	0.83	1.16	556	1.11	0.90	1.36	1,188	723	0.92	0.75	1.13	435	1.10	0.86	1.41
Malattie apparato respiratorio (460-519)	477	275	1.14	0.84	1.55	174	1.31	0.92	1.88	327	232	0.91	0.64	1.29	130	1.01	0.67	1.54
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	193	109	1.60	0.98	2.62	55	1.33	0.70	2.53	156	94	0.88	0.52	1.50	40	0.73	0.36	1.50
Asma (493)	59	32	1.18	0.46	3.05	19	0.92	0.32	2.60	28	13	2.16	0.48	9.79	13	0.33	0.06	1.67

b)Totale

Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatori	Totale									Trend lineare
	Bassa		Media			Alta			p-value	
CAUSA (ICD-9-CM)	n	n	HR	I.C. 95%		n	HR	I.C. 95%		
Cause naturali (001-629;677-799)	19,581	11,146	0.99	0.94	1.05	7,778	1.02	0.96	1.09	0.584
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,127	2,244	1.01	0.89	1.15	1,478	1.08	0.94	1.25	0.309
Malattie cardiache (390-429)	2,600	1,382	1.04	0.88	1.23	941	1.13	0.94	1.36	0.214
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	654	415	0.94	0.69	1.27	318	0.92	0.66	1.28	0.585
Malattie cerebrovascolari (430-438)	843	451	1.07	0.83	1.37	261	1.13	0.83	1.54	0.401
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,158	1,189	1.13	0.97	1.32	774	1.14	0.96	1.37	<b>0.088</b>
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	698	368	1.08	0.83	1.41	210	0.84	0.61	1.15	0.448
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	388	148	1.51	0.92	2.49	106	1.56	0.96	2.54	<b>0.038</b>
Asma (493)	127	54	1.66	0.83	3.31	40	0.80	0.37	1.72	0.896
Popolazione 0-14 anni										
Cause naturali (001-629;677-799)	2,696	1,648	0.96	0.84	1.09	991	1.12	0.96	1.31	0.301
Malattie apparato respiratorio (460-519)	804	507	1.03	0.82	1.30	304	1.19	0.90	1.56	0.267
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	349	203	1.22	0.85	1.75	95	1.04	0.65	1.66	0.616
Asma (493)	87	45	1.32	0.60	2.90	32	0.64	0.27	1.56	0.467

Tabella 4. Effetto del PM<sub>10</sub> di *background*: Rischi Relativi di ospedalizzazione (Hazard Ratio, HR) aggiustati per esposizione al PM<sub>10</sub> da termovalorizzatore (Post vs Pre inizio attività), età, sede dell'impianto, classe di rischio, livello socio-economico, residenza in prossimità di industrie, strade, autostrade, Fiume Sacco, entro i confini di Colleferro Scalo e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per incremento lineare di PM<sub>10</sub> di *background*.

Esposizione al PM <sub>10</sub> di background	Effetto lineare									
	Uomini			Donne			Totale			
	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	n	HR	I.C. 95%	
CAUSA (ICD-9-CM)										
Cause naturali (001-629;677-799)	19,668	<b>1.04</b>	1.02 1.07	18,837	<b>1.02</b>	1.00 1.04	38,505	<b>1.03</b>	1.02 1.05	
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,112	<b>1.07</b>	1.01 1.14	3,737	<b>1.09</b>	1.03 1.16	7,849	<b>1.08</b>	1.03 1.13	
Malattie cardiache (390-429)	2,580	<b>1.11</b>	1.03 1.21	2,343	<b>1.16</b>	1.08 1.25	4,923	<b>1.13</b>	1.07 1.20	
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	922	1.09	0.96 1.25	465	<b>1.23</b>	1.05 1.44	1,387	<b>1.14</b>	1.03 1.26	
Malattie cerebrovascolari (430-438)	797	0.95	0.84 1.08	758	0.89	0.77 1.03	1,555	0.93	0.85 1.02	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	2,408	<b>1.06</b>	1.01 1.13	1,713	<b>1.07</b>	1.00 1.14	4,121	<b>1.07</b>	1.02 1.11	
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	728	<b>1.10</b>	1.02 1.18	548	<b>1.11</b>	1.01 1.22	1,276	<b>1.11</b>	1.04 1.18	
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	412	1.03	0.83 1.29	230	1.17	0.92 1.47	642	1.06	0.91 1.24	
Asma (493)	132	1.03	0.87 1.23	89	0.87	0.64 1.17	221	0.98	0.85 1.14	
Popolazione 0-14 anni										
Cause naturali (001-629;677-799)	2,989	<b>1.05</b>	1.01 1.09	2,346	<b>1.05</b>	0.99 1.11	5,335	<b>1.04</b>	1.01 1.08	
Malattie apparato respiratorio (460-519)	926	<b>1.05</b>	0.99 1.11	689	1.03	0.94 1.11	1,615	<b>1.04</b>	0.99 1.09	
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466,480-487)	357	1.07	0.98 1.16	290	1.02	0.90 1.15	647	1.05	0.97 1.12	
Asma (493)	110	1.02	0.85 1.23	54	0.94	0.71 1.26	164	1.00	0.86 1.16	