

**LA SALUTE RIPRODUTTIVA DELLE DONNE RESIDENTI NEI PRESSI DEI  
TERMOVALORIZZATORI E DELLE DISCARICHE PER I RIFIUTI URBANI DEL  
LAZIO**

## RIASSUNTO

**INTRODUZIONE.** La gestione dei rifiuti può avere un impatto sull'ambiente e sulla salute della popolazione esposta, tuttavia c'è ancora molta incertezza sui possibili effetti sanitari. Gli esiti riguardanti la gravidanza e la nascita sono tra i più studiati perché possibile espressione di un effetto a breve termine dell'esposizione alle emissioni di discariche e termovalorizzatori.

**OBIETTIVO.** L'obiettivo dello studio è valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti emessi dalle otto discariche del Lazio dai due termovalorizzatori per rifiuti ed alcuni esiti avversi della gravidanza.

**METODI.** La popolazione oggetto di studio comprende i nati, tra il 2001 ed il 2010, da madri residenti durante il primo trimestre di gravidanza nei comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dalle discariche, 5 km dal termovalorizzatore di San Vittore del Lazio, e 7 Km da quello di Colleferro. Attraverso la procedura di georeferenziazione degli indirizzi forniti dalle anagrafi dei comuni interessati, è stato possibile attribuire ad ogni donna in gravidanza i valori di concentrazione dell'H<sub>2</sub>S emesso dalle discariche e del PM<sub>10</sub> emesso dai termovalorizzatori ottenuti da modelli di dispersione eseguiti da ARPA Lazio. L'associazione tra le diverse esposizioni e gli esiti riproduttivi (rapporto tra i sessi, nati pretermine, basso peso alla nascita, basso peso alla nascita tra i nati a termine, piccoli per età gestazionale, gemellarità, malformazioni congenite compatibili con la vita) è stata studiata mediante un modello di regressione logistica multivariato, aggiustando per fattori demografici ed ambientali. Nella valutazione relativa ai termovalorizzatori, lo studio utilizza un disegno pre/post: nel modello è stato inserito un termine di interazione tra l'esposizione al PM<sub>10</sub> derivante dagli impianti ed una variabile che distingue le nascite prima e dopo l'attivazione dei termovalorizzatori nel 2002.

**RISULTATI.** I soggetti in studio sono 16,847 e 2,056, nati da madri residenti nelle aree interessate rispettivamente dalle otto discariche e dai due termovalorizzatori durante il primo trimestre di gravidanza nel periodo 2001-2010. I risultati non mostrano alcuna relazione con l'inquinamento prodotto dalle discariche e con il PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori per nessuno degli esiti considerati.

CONCLUSIONI. I risultati di questo studio mostrano che i nati da madri residenti nei pressi delle otto discariche e dei termovalorizzatori di Colferro e San Vittore del Lazio non presentano particolari effetti avversi dovuti alle esposizioni considerate.

## INTRODUZIONE

La gestione dei rifiuti (la produzione, la raccolta, la trasformazione, il trasporto e lo smaltimento) può avere un impatto sull'ambiente e sulla salute e rappresenta spesso una preoccupazione per la popolazione interessata. Tuttavia, nonostante siano numerosi gli studi pubblicati epidemiologici sulle popolazioni che vivono in prossimità delle discariche e dei termovalorizzatori/inceneritori, c'è ancora molta incertezza scientifica sui possibili effetti sanitari della gestione dei rifiuti. Tra gli esiti messi in relazione all'esposizione alle discariche e ai termovalorizzatori, quelli riguardanti la gravidanza e la nascita sono tra i più studiati perché possibile espressione di un effetto a breve termine.

Il presente studio intende valutare:

- la salute riproduttiva delle donne residenti intorno ai termovalorizzatori di Colleferro e di San Vittore, impianti di incenerimento ad alta temperatura, entrati in esercizio alla fine del 2002, finalizzati alla produzione di energia elettrica il cui combustibile è costituito dal combustibile derivato da rifiuti urbani (CDR);
- la salute riproduttiva delle donne residenti intorno alle discariche per rifiuti solidi urbani (RSU) presenti nel Lazio nei comuni di Albano, Bracciano, Latina, Civitavecchia, Guidonia, Viterbo, Roccasecca e Colleferro.

L'obiettivo dello studio è valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti emessi dagli impianti in studio e alcuni eventi avversi della gravidanza: rapporto tra i sessi alla nascita, nascite gemellari, nascite pretermine, piccoli per età gestazionale, basso peso alla nascita e basso peso alla nascita nei nati a termine, malformazioni congenite. Nel caso dei termovalorizzatori, si vogliono verificare due ipotesi: innanzitutto se gli esiti di gravidanza delle donne residenti nelle aree in studio siano in qualche modo associati all'inquinamento di fondo del territorio provocato dalle molteplici fonti; in secondo luogo, si vuole verificare se l'avvio delle attività (nel 2002) dei due termovalorizzatori abbia costituito un ulteriore fattore di rischio riproduttivo per la popolazione esposta agli inquinanti prodotti dagli impianti.

## **METODI**

### *Caratteristiche degli impianti in studio*

#### *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 del 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.

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, 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.

#### *Discariche*

Nel Lazio sono attualmente presenti dieci discariche per il trattamento dei RSU, situate nei comuni di Albano Laziale (RM), Bracciano (RM), Civitavecchia (RM), Roccasecca (FR), Colleferro (RM), Guidonia Montecelio (RM), Latina (LT), Roma, e Viterbo. Le due discariche situate nel comune di Latina, sono confinanti, e sono state quindi considerate in questo studio come un unico sito.

Tutte le discariche sono attive da decine di anni, anche se le autorizzazioni all'esercizio possono essere più recenti. Per le caratteristiche degli impianti di trattamento considerati si rimanda alla relazione "Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei pressi delle discariche per i rifiuti urbani del Lazio".

#### *Area in studio*

L'area in studio comprende i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal perimetro dei termovalorizzatori di San Vittore del Lazio e di 7 Km da quello di Colleferro. Per lo studio sulle discariche sono compresi i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal

perimetro delle discariche. I perimetri degli impianti sono stati geocodificati utilizzando il software GIS (Geographic Information System).

### *Popolazione in studio*

Le anagrafi dei comuni interessati hanno fornito l'elenco delle donne residenti al 1 Gennaio 1996, o successivamente entrate fino al 31 Dicembre 2008, le relative date di nascita, di morte, di emigrazione ed immigrazione nel comune e l'indirizzo di residenza. Gli indirizzi di residenza sono stati geocodificati. Tramite una procedura di record linkage con l'archivio dei Certificati di Assistenza al Parto (CedAP), che registra tutte le nascite avvenute nella regione Lazio a partire dal 2001, sono stati selezionati tutti i bambini nati nel periodo 01/01/2001-31/12/2008 da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza. Diversamente, a causa dell'indisponibilità di informazioni sulla residenza delle donne negli anni 2009 e 2010, i nati nel periodo 01/01/2009-31/12/2010 sono stati selezionati tramite linkage delle donne residenti nell'area al 31/12/2008 con le nascite registrate nel CedAP. Pertanto, si è assunto che le donne residenti nell'area al 31/12/2008 lo fossero anche durante il primo trimestre delle gravidanze portate a termine negli anni 2009 e 2010.

Dal CedAP è stato possibile ricavare le informazioni relative alla madre, alla gravidanza e al parto. L'archivio non dispone della mobilità extra-regionale per cui lo studio non comprende i nati fuori dalla regione Lazio da madri residenti nell'area di interesse.

### *Definizione degli esiti*

Sono stati analizzati i seguenti eventi avversi alla gravidanza:

- rapporto tra i sessi: rapporto tra il numero di nati maschi ed il numero totale di nati;
- nati pretermine: nati con età gestazionale <37 settimane, escludendo i gemelli;
- basso peso alla nascita: nati con peso <2500gr, escludendo i gemelli solo nello studio sulle discariche;
- basso peso alla nascita a termine: nati a termine con peso <2500gr, escludendo i gemelli ed i nati pretermine;
- piccoli per età gestazionale: neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza alla nascita e per sesso del neonato. Non sono disponibili curve di accrescimento italiane o europee

affidabili, pertanto, come riferimento, è stato utilizzato il 10° percentile della distribuzione del peso dei nati nella regione Lazio per il periodo considerato, per sesso e settimana di gravidanza. Sono stati esclusi i gemelli ed i nati da madri provenienti dalla regione indiana, costituzionalmente piccoli [1-5];

- gemellarità: numero di parti gemellari.
- malformazioni congenite compatibili con la vita: Cartelle CEDAP con menzione di uno di questi codici ICD-9-CM: 741; 742.0; 742.3; 745; 746; 749.0; 749.1; 749.2; 750.3; 751.1; 751.2; 752.7; 753.1-753.9; 756.0; 756.4; 756.5; 756.6; 756.70; 756.71; 758.0; 758.3; 758.5; 759.7; 759.8

### *Caratteristiche materne*

Dagli archivi anagrafici e dall'archivio del CedAP è stato possibile ottenere diverse informazioni relative alla madre; tra queste sono state selezionate tutte quelle potenzialmente correlate agli eventi in studio: età, nazionalità (italiana/straniera), titolo di studio (nessun titolo/licenza elementare/licenza media inferiore vs licenza media superiore/laurea), numero di parti precedenti status socio-economico (alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso). Tale indicatore è disponibile per tutte le sezioni di censimento del Lazio ed è stato costruito sulla base di variabili raccolte al censimento 2001 [6]. Non è stato possibile utilizzare le informazioni sullo stato civile e sull'occupazione materna, pur presenti nel CedAP, a causa dell'elevato numero di dati mancanti.

### *Caratteristiche ambientali*

La procedura di geocodifica degli indirizzi ha permesso di caratterizzare le aree in studio considerando diverse informazioni:

- residenza entro un buffer di 150 m da strade principali, definite sulla base delle informazioni presenti nel database della società TeleAtlas;
- residenza entro un buffer di 1 Km dal fiume Sacco, interessato da una vasta contaminazione di beta-esaclorocicloesano a seguito del sotterramento di fusti di rifiuti provenienti dall'impianto chimico della zona;
- per l'analisi delle donne residenti nei pressi dei termovalorizzatori si è tenuto anche conto della residenza a Colleferro Scalo, frazione del comune di Colleferro situata molto vicino al conglomerato industriale che include l'impianto chimico di produzione del lindano attivo dagli anni '60.

## *Esposizioni*

### *Termovalorizzatori*

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 ad ogni soggetto in studio per ottenere dati di esposizione. Il modello sviluppato da ARPA ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005 e si basa sulla integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM ed ha una risoluzione di 4\*4 Km.

Il modello lagrangiano a particelle SPRAY ver.5 (Arianet srl, 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: l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (in particolare le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza della 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 500mx500m.

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.

Ad ogni nato sono stati attribuiti i valori di concentrazione del PM<sub>10</sub> di *background*, termovalorizzatori, e cementificio sulla base dell'indirizzo di residenza della madre. Le anagrafi non hanno fornito tutti gli indirizzi relativi alle variazioni di residenza all'interno dello stesso comune, quindi è stato assunto che l'indirizzo di residenza della madre, durante il primo trimestre della gravidanza, fosse quello registrato per il figlio al momento della nascita.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard (DS), 25°, 50°, 75°, 90° percentile e range interquartile, differenza tra il 75°



e il 25° percentile) (riferite ai soggetti della coorte) del PM<sub>10</sub> prodotto dalle diverse fonti:

	media	DS	p25	p50	p75	p90	p75-p25
PM <sub>10</sub> di background µg/m <sup>3</sup>	9.73	1.66	8.00	9.82	10.86	12.03	2.86
PM <sub>10</sub> termovalorizzatore ng/m <sup>3</sup>	2.99	1.04	2.20	3.30	3.80	4.00	1.60
PM <sub>10</sub> cementificio ng/m <sup>3</sup>	62.65	23.17	49.88	72.42	81.60	84.08	31.72

È importante osservare come il contributo espositivo del PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori (2.99ng/m<sup>3</sup>) sia molto inferiore a quello del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio (62.65 ng/m<sup>3</sup>) e a quello del PM<sub>10</sub> di *background* (9.73µg/m<sup>3</sup>). In ogni caso, per i soggetti della coorte, vi è una alta correlazione tra gli indicatori stessi ( $r_{\text{term}/\text{cem}}=0.76$ ;  $r_{\text{term}/\text{back}}=0.65$ ;  $r_{\text{back}/\text{cem}}=0.61$ ).

L'esposizione aPM<sub>10</sub> di *background* è stata considerata come variabile categorica:

- bassa (0-50° percentile):  $0 \leq \text{PM}_{10} \leq 9.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile):  $9.82 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 12.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- alta (>90° percentile):  $\text{PM}_{10} > 12.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A tutti gli indirizzi di residenza delle mamme dei nati in studio, anche per quelli nati nel periodo precedente l'attivazione degli impianti, è stato attribuito un valore di PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori:

- bassa esposizione (0-50° percentile):  $0 < \text{PM}_{10} \leq 0.0033 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*gruppo di riferimento*);
- media esposizione (50°-83° percentile):  $0.0033 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- alta esposizione (>83° percentile):  $\text{PM}_{10} > 0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'esposizione al cementificio è stata classificata nel seguente modo:

- bassa (0-50° percentile):  $0 \leq \text{PM}_{10} \leq 0.072418 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile):  $0.072418 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{PM}_{10} \leq 0.084077 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

- alta (>90° percentile):  $PM_{10} > 0.084077 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il cementificio in studio si trova nel comune di Colleferro, pertanto tutti i nati nel comune di San Vittore fanno parte del gruppo di riferimento.

### Discariche

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente è stata effettuata considerandole emissioni areali delle discariche espresse in termini di idrogeno solforato, o acido solfidrico ( $H_2S$ ), generate utilizzando il Landfill Gas Emissions (LGE) Model (sviluppato dalla US Environmental Protection Agency) e il modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY. A questo scopo, per ogni discarica è stata costruita una griglia regolare che approssima l'area della discarica con una risoluzione di  $125 \times 125$  m (celle) e sono stati calcolati i tassi di emissione di  $H_2S$ , per ogni cella. I parametri utilizzati per stimare le emissioni sono stati: il tempo di attività, e quindi le informazioni relative alle date di apertura e chiusura di ciascun settore della discarica, la capacità di contenimento del rifiuto, in termini di tonnellate di rifiuti e il tasso di ricevimento dei rifiuti. I tassi di emissione stimati da LGE sono stati considerati come dati di input per il modello lagrangiano. Il modello lagrangiano utilizza informazioni sulle emissioni, sulla orografia e sulla meteorologia. Questa procedura ha consentito la produzione di mappe di concentrazione media annuale dell'acido solfidrico ( $H_2S$ ) specifiche per discarica.

Nella tabella che segue si riportano le statistiche descrittive (media, deviazione standard (DS), 25°, 50°, 75°, 90° percentile e range interquartile, differenza tra il 75° e il 25° percentile) (riferite ai soggetti della coorte) dell' $H_2S$  emesso dalle discariche e del  $PM_{10}$  di fondo:

	media	DS	p25	p50	p75	p80	p90	p75-p25
$H_2S$ $\text{ng}/\text{m}^3$	3.76	13.00	0.77	1.95	3.86	4.18	6.98	3.09
$PM_{10}$ di background $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12.24	3.80	8.39	11.98	14.86	15.61	17.69	6.47

A tutti gli indirizzi di residenza delle mamme dei nati in studio è stato attribuito un valore di H<sub>2</sub>S prodotto dalle discariche e l'esposizione è stata classificata nel seguente modo:

- bassa esposizione (0-50° percentile):  $0 < PM_{10} < 1.95 \text{ ng/m}^3$  (*gruppo di riferimento*);
- media esposizione (50°-90° percentile):  $1.95 \text{ ng/m}^3 \leq PM_{10} \leq 6.98 \text{ ng/m}^3$ ;
- alta esposizione (>90° percentile):  $PM_{10} > 6.98 \text{ ng/m}^3$ .

L'esposizione aPM<sub>10</sub> di *background* è stata considerata come variabile categorica:

- bassa (0-50° percentile):  $0 \leq PM_{10} < 11.98 \mu\text{g/m}^3$  (*gruppo di riferimento*);
- media (50°-90° percentile):  $11.98 \mu\text{g/m}^3 \leq PM_{10} \leq 17.69 \mu\text{g/m}^3$ ;
- alta (>90° percentile):  $PM_{10} > 17.69 \mu\text{g/m}^3$ .

#### *Analisi statistica*

Sono state eseguite analisi descrittive dell'occorrenza degli esiti in studio in relazione alle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e H<sub>2</sub>S emessedagli impianti, alle caratteristiche materne e alle caratteristiche ambientali dell'area in studio.

Gli odds ratio (OR, IC 95%) dell'associazione tra le esposizioni a PM<sub>10</sub> e gli esiti in studio sono stati calcolati mediante un modello di regressione logistica multivariato. Nella valutazione pre/post relativo ai termovalorizzatori, nel modello è stato inserito un termine di interazione tra il PM<sub>10</sub> prodotto dagli impianti di termovalorizzazione e una variabile (pre-post) che distingue i nati avvenuti prima del 2003, quando gli impianti non erano ancora stati messi in funzione, da quelli avvenuti dopo l'attivazione di entrambi. In questo modo è stato possibile valutare il cambiamento (post verso pre) nella frequenza degli esiti di gravidanza nelle aree più esposte alle emissioni dei termovalorizzatori tenendo conto anche del trend temporale nelle aree non esposte [7-8].

A causa della collinearità tra le variabili espressione delle concentrazioni delle diverse fonti di emissione del PM<sub>10</sub> (termovalorizzatori, cementificio, inquinamento atmosferico) (Tabella 3), i modelli di regressione logistica sono stati eseguiti separatamente per le tre esposizioni; nel modello logistico che ha valutato l'effetto del PM<sub>10</sub> prodotto dal cementificio e di quello di *background* si è tenuto conto del concomitante effetto del PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori.

Tutti i modelli hanno tenuto conto di diversi fattori confondenti: sesso del bambino, impianto (discariche o termovalorizzatori), variabili riferite alle caratteristiche della madre (numero di parti precedenti, età, nazionalità, titolo di studio, livello socio-economico) e altri fattori ambientali (distanza da strade ad alto traffico, residenza nell'area di Colleferro Scalo, distanza dal fiume Sacco).

## RISULTATI

### *Termovalorizzatori*

I soggetti in studio sono 2,056 nati da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza nel 2001-2010. I bambini sono nati da 1,641 madri, il 76% delle quali tra il 2001 ed il 2010 ha avuto un solo figlio mentre il 22% ne ha avuti due. 540 bambini sono nati nel periodo precedente l'attivazione dei termovalorizzatori. Il 69% dei bambini è nato da madri di età compresa tra 21 e 34 anni e il 55% dei bambini è un primogenito (Tabella 1). Il 94% dei bambini è nato da madre italiana (tra le straniere soltanto una è proveniente dalla regione indiana) e il 63% ha un livello socio-economico medio o medio-alto. Per un quarto dei nati inclusi nella coorte, i primi tre mesi di gravidanza della madre sono intercorsi prima della messa in funzione dell'impianto; il 17% dei nati risiedono o hanno madri che hanno risieduto nella zona molto esposta. Il 94% dei nati in analisi sono residenti nel buffer di 5 Km del termovalorizzatore di Colleferro. I livelli di esposizione alle emissioni degli impianti di Colleferro (1,925 nati) e San Vittore (131 nati) sono di ordine di grandezza diversi, pertanto la totalità dei nati in prossimità del secondo sito sono poco o non esposti: i nati nel buffer di 7 Km dal termovalorizzatore di Colleferro sono esposti mediamente a  $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DS=1.6) di  $\text{PM}_{10}$  mentre i nati nel buffer di 5 Km dall'impianto di San Vittore del Lazio a  $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DS=0.2). L'11% dei nati risiedono a meno di 1 Km dal fiume Sacco, il 2% nell'area di Colleferro Scalo e quasi la metà a meno di 150 m da strade principali. Tra i nati residenti nell'area maggiormente esposta ai termovalorizzatori non ce n'è nessuno contemporaneamente esposto anche ad alti livelli di  $\text{PM}_{10}$  di *background* e solo un 3% è anche esposto al cementificio di Colleferro. Al contrario, nell'area caratterizzata da una media esposizione ai termovalorizzatori si registrano livelli elevati di esposizione al  $\text{PM}_{10}$  di *background* (32%) e a quello prodotto dal cementificio (28%).

Nella Tabella 2 è riportata la distribuzione degli esiti per categoria di esposizione ai termovalorizzatori e periodo, *pre-* (2001-2002) e *post-*inizio della loro attività (2003-2010). Nel periodo considerato, si sono verificati 29 parti gemellari, di cui solo due relativi a donne residenti in zone associate ad alta concentrazione di PM<sub>10</sub>, pertanto non si è ritenuto opportuno considerare tra gli esiti in studio anche la gemellarità. I bambini appartenenti alla coorte dei nati oggetto dello studio, erano per il 51.4% maschi, con un rapporto tra sessi alla nascita simile a quello che si riscontra nella popolazione generale (105-106 maschi ogni 100 femmine). Come atteso, gli esiti nascite pre-termine (116), nati di basso peso (135), nati a termine di basso peso (49), piccoli per età gestazionale (213) non sono eventi frequenti. La frequenza di nascite con basso peso, di nascita pretermine e di piccoli per età gestazionale è diminuita nel complesso delle aree tra il periodo pre e post termovalorizzatore.

Nella Tabella 4 sono riportate le stime dell'effetto (Odds Ratio) dell'esposizione ai livelli di inquinamento atmosferico (PM<sub>10</sub>*background*) sugli esiti oggetto dello studio. Il rapporto tra i sessi alla nascita nelle categorie a maggiore esposizione non si discosta da quello riscontrato nel gruppo di riferimento. Anche per gli altri esiti in studio non si evidenziano aumenti di rischio associati ai livelli di PM<sub>10</sub> di *background*. Al contrario, tra i nati maggiormente esposti si osserva una riduzione del rischio di basso peso alla nascita tra i nati a termine (OR=0.19 IC 95% 0.05-0.81), tuttavia l'effetto stimato è basato solo su 3 casi. Risultati molto simili si sono osservati per il cementificio di Colferro (Tabella 5).

Gli esiti riproduttivi presi in esame non sembrano avere alcuna associazione con l'introduzione di una nuova esposizione quale il PM<sub>10</sub> prodotto dai termovalorizzatori (Tabella 6). Tutti gli Odds Ratio sono vicini alla unità (o addirittura più bassi) e tutti con ampi limiti di confidenza.

### *Discariche*

Sono in studio 16,847 nati da madri residenti nell'area in studio durante il primo trimestre di gravidanza nel 2001-2010. Il 71.1% dei bambini è nato da madri di età compresa tra 21 e 34 anni e il 56.1% dei bambini è un primogenito (Tabella 7). L'88.8% dei bambini è nato da madre italiana e circa il 30% ha un livello socio-economico medio o medio-alto. Solo il 2% dei nati nel periodo in studio risiedono o

hanno madri che hanno risieduto nella zona ad alte concentrazione di H<sub>2</sub>S e di questi 1,684 bambini, il 17.2% risiede intorno alla discarica di Albano, il 18.1% alla discarica di Latina e il 58% risiede intorno alla discarica di Guidonia.

Tra i nati residenti nell'area maggiormente esposta la maggior parte (71.2%) risiede a più di 150m da strade principali. I livelli di esposizione ad elevate concentrazioni di PM<sub>10</sub> di *background* sembrano essere maggiori nelle zone a media e alta concentrazione di H<sub>2</sub>S (18.8 e 19.2%) rispetto al riferimento (0.5%).

Nella Tabella 8 è riportata la distribuzione degli esiti per categoria di esposizione all'H<sub>2</sub>S emesso dalle discariche. I nati oggetto dello studio, erano per il 51.2% maschi, con un rapporto tra sessi alla nascita simile a quello che si riscontra nella popolazione generale (105-106 maschi ogni 100 femmine). In questa coorte sono stati osservati 954 nati pre-termine, 817 nati di basso peso, 378 nati a termine di basso peso, 1,693 piccoli per età gestazionale, 510 parti gemellari e 417 malformazioni congenite compatibili con la vita. Non si osservano particolari associazioni grezze tra questi esiti e i livelli di esposizione ad H<sub>2</sub>S ad eccezione di un leggero aumento dei parti gemellari nelle zone ad alte concentrazioni (3.2% vs 2.6 del riferimento).

Nella Tabella 9 sono riportate le stime dell'effetto (Odds Ratio) dell'esposizione ai livelli di H<sub>2</sub>S sugli esiti oggetto dello studio. Per tutti gli esiti in studio non si evidenziano aumenti di rischio associati ai livelli di esposizione ad H<sub>2</sub>S.

## **DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

I risultati di questo studio mostrano che i nati da madri residenti nei pressi dei termovalorizzatori e delle discariche per rifiuti urbani del Lazio non presentano particolari effetti avversi dovuti alle esposizioni considerate (PM<sub>10</sub> dai termovalorizzatori e H<sub>2</sub>S dalle discariche).

Per l'interpretazione dei risultati dello studio è importante prendere in rassegna i dati della letteratura. Tra gli eventi avversi alla gravidanza, quello più studiato in relazione ad una esposizione residenziale a inceneritori, è costituito dalle malformazioni congenite. Diversi studi evidenziano un rischio di malformazioni congenite in eccesso

tra le persone che vivono vicino a inceneritori, ma l'evidenza complessiva può essere considerata limitata [9]. Jansson et al. [10] hanno valutato se l'incidenza di labbro leporino e palatoschisi in Svezia fosse aumentata a seguito dell'inizio di attività di un impianto di incenerimento di rifiuti. I risultati di questo studio, basato sulle informazioni del registro centrale delle malformazioni e del registro delle nascite, non hanno mostrato un aumento del rischio.

Lloyd et al. [11] hanno esaminato l'incidenza di parti gemellari tra il 1975 e il 1983 in due aree in prossimità di un termovalorizzatore chimico e di rifiuti urbani in Scozia: dopo l'aggiustamento per età materna, è stato rilevato un aumento della frequenza dei parti gemellari in aree esposte a inquinamento atmosferico provocato dai termovalorizzatori. Nella stessa area, Williams et al. [12] hanno studiato il rapporto tra i sessi alla nascita, grazie a vari livelli di dettaglio geografico e utilizzando tecniche di mappatura tridimensionali: le analisi nelle aree residenziali a rischio di inquinamento atmosferico da termovalorizzatori hanno mostrato la presenza di un'inversione del rapporto tra i sessi in alcune aree. Per studiare il rischio di natimortalità, mortalità neonatale e anomalie congenite letali nei nati da madri che risiedono vicino ai inceneritori (e forni crematori), Dummer et al. [13] hanno condotto uno studio geografico in Cumbria (Gran Bretagna). Dopo l'aggiustamento per classe sociale, anno di nascita, ordine di nascita e nascite multiple, è stato riscontrato un aumento del rischio di morte per anomalie congenite, in particolare la spina bifida e i difetti cardiaci. Successivamente, Cordier et al. [14] hanno preso in esame comunità con meno di 50.000 abitanti che circondano i 70 inceneritori che hanno operato per almeno un anno dal 1988 al 1997 in Francia. Ad ogni comunità è stata assegnata la concentrazione di inquinanti, stimata da modello gaussiano, per il numero di anni in cui l'impianto era operativo. I risultati sono stati aggiustati per anno di nascita, età materna, luogo di nascita, densità di popolazione, reddito familiare medio e, quando disponibile, traffico stradale locale. Il tasso di anomalie congenite era simile nelle comunità degli esposti e dei non esposti; solo alcuni sottogruppi di anomalie congenite, in particolare schisi facciale e displasia renale, erano più frequenti nelle comunità esposte. Tango et al. [15] hanno indagato l'associazione tra gli eventi avversi alla gravidanza e la residenza delle madri entro 10 km da uno dei 63 inceneritori di rifiuti solidi urbani con emissioni di alti livelli di diossina in Giappone. Per calcolare il numero di casi attesi, sono stati utilizzati i tassi nazionali basati su tutti i nati vivi, le morti fetali e le morti infantili che si sono verificati nell'area di studio nel corso del

1997 e 1998, considerando i diversi fattori di confondimento disponibili: età materna, età gestazionale, peso alla nascita, parti precedenti, precedenti morti fetali, e tipo di occupazione paterna. Nessuno degli esiti riproduttivi studiati ha mostrato eccessi statisticamente significativi a meno di 2 km di distanza dagli inceneritori. E' stata riscontrata, tuttavia, una diminuzione statisticamente significativa del rischio di mortalità infantile e morti infantili con anomalie congenite all'aumentare della distanza dai termovalorizzatori.

Per quanto riguarda gli altri esiti riproduttivi, Xu et al. [16] hanno esplorato l'associazione tra basso peso alla nascita ed esposizione a particolato ( $PM_{10}$ ) durante la gravidanza, a Pittsburgh (USA), concludendo che c'è un aumento di 1.13 ( $IC_{95\%}=1.02-1.25$ ) eventi avversi per aumento del range interquartile del  $PM_{10}$ . Brauer et al. [17] hanno studiato l'impatto dell'esposizione a particolato sui piccoli per età gestazionale, basso peso alla nascita, e nascite pre-termine utilizzando i dati sanitari delle nascite, escludendo i parti gemellari, avvenute tra il 1999 ed il 2002 a Vancouver (Canada) ed hanno concluso che il particolato ultrafine è un fattore di rischio per piccoli per età gestazionale e nascite pre-termine. Uno studio multicentrico prospettico condotto in Corea dal 2001 al 2004 ha analizzato gli effetti dell'esposizione a  $PM_{10}$  nelle varie fasi della gestazione. [18] E' risultato che l'esposizione durante il secondo trimestre di gravidanza può causare malformazioni nel nascituro ( $OR=1.16$ ,  $IC_{95\%}=1.00-1.34$ ), durante il primo trimestre può causare ritardo nella crescita intrauterina, durante il terzo trimestre la nascita prematura. Il basso peso alla nascita, invece, sembra essere influenzato dall'esposizione durante tutto il periodo della gravidanza. Salam et al. [19] hanno utilizzato i certificati di nascita dei bambini nati in California (USA) tra il 1975 ed il 1987 per risalire alla storia riproduttiva materna e al luogo di residenza al momento della nascita, ed hanno reperito le informazioni sui fattori socio-demografici materni e sull'abitudine al fumo in gravidanza attraverso la somministrazione di questionari. I livelli mensili medi degli inquinanti sono stati determinati sulla base del codice di avviamento postale della residenza della madre al momento del parto. Attraverso l'esecuzione di modelli di regressione lineare ad effetti misti è risultato che ad un aumento di  $20 \mu g/m^3$  di  $PM_{10}$  è associata una diminuzione del peso alla nascita di 21.7g ( $IC_{95\%}=1.1-42.2$ ), ma, dopo l'aggiustamento per ozono, tale associazione non è stata interamente confermata.



Il progetto di Monitoraggio degli Inceneritori nel Territorio dell'Emilia-Romagna (Moniter) [20] ha studiato l'associazione tra la residenza nei pressi di inceneritori e l'incidenza di eventi avversi in gravidanza. I risultati non hanno evidenziato alcun effetto sul rapporto tra i sessi alla nascita, sulle nascite gemellari e sul basso peso alla nascita. L'esito "piccoli per età gestazionale" ha mostrato un trend debolmente significativo per livelli crescenti di esposizione. Lo studio ha invece rilevato un'associazione coerente e statisticamente significativa tra livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore e nascite pre-termine. L'aumento progressivo del rischio in relazione agli indicatori di esposizione, l'esteso set di variabili di confondimento, le numerose analisi di sensibilità, la plausibilità biologica dell'effetto depongono per una relazione causale.

In sostanza, l'esame della letteratura ha indicato solo delle possibili associazioni con la salute riproduttiva e l'alterata frequenza di nati pre-termine sembra essere il dato più rilevante. Questo studio, tuttavia non ha messo in evidenza nessuna associazione per questo esito.

I risultati di questo studio vanno interpretati anche alla luce dei punti di forza e di debolezza riscontrati. Tra i punti di forza:

1. l'accuratezza nella definizione dell'esposizione delle madri durante il primo trimestre di gravidanza:
  - a. la disponibilità di dati di coorte di popolazione, comprensivi di date di ingresso ed uscita di ogni donna dai comuni in studio, ha permesso sia di stabilire se la donna al momento della gravidanza fosse effettivamente residente nell'area d'interesse sia di accertare se il trimestre considerato ai fini della valutazione dell'esposizione fosse intercorso prima o dopo la messa in funzione degli impianti;
  - b. la georeferenziazione dei soggetti ha permesso di stabilire se la residenza della donna, durante il primo trimestre di gravidanza, fosse all'interno del buffer considerato come area di esposizione;
2. la disponibilità di informazioni sui confondenti: per evitare distorsioni delle stime di associazione, i risultati sono aggiustati per il potenziale effetto confondente di variabili individuali (età e posizione socio-economica della madre) ma soprattutto di variabili relative ad altri fattori di pressione ambientale

(prossimità a strade ad alto traffico veicolare e/o a siti industriali, qualità dell'aria);

3. Nel caso dei termovalorizzatori il confronto tra gli esiti avvenuti prima e dopo la messa in funzione degli impianti.

Tra i limiti dello studio:

1. la potenza statistica dello studio è, soprattutto nell'esempio dei termovalorizzatori, decisamente ridotta a causa della bassa numerosità degli eventi;
2. è stato considerato come periodo di esposizione soltanto il primo trimestre di gravidanza sebbene alcuni esiti avversi potrebbero essere associati all'esposizione nel periodo successivo[18]; bisogna, tuttavia sottolineare che molto spesso l'abitazione durante tutto il periodo della gravidanza è la stessa;
3. non è stato possibile ricostruire la storia residenziale delle madri per poter associare la corretta esposizione durante i primi tre mesi di gravidanza. Si è considerata infatti come prima scelta la residenza del figlio alla nascita e in assenza di questa la residenza della madre all'inizio del *follow-up*; tale inaccuratezza, tuttavia, dovrebbe essere minima;
4. per i termovalorizzatori non è stato possibile aggiustare per le variabili relative alle altre due fonti di esposizione a  $PM_{10}$ , il cementificio e l'inquinamento dell'aria, a causa multicollinearità ma è stato necessario svolgere analisi separate per le tre fonti;
5. non è stato possibile tenere conto dell'abitudine al fumo della madre, notoriamente associata ad alcuni degli esiti studiati (nascite pretermine e basso peso alla nascita tra i nati a termine [21-22]);
6. nel CedAP non era disponibile l'informazione sulla fecondazione assistita pertanto non è stato possibile eliminare tali casi dallo studio (rilevanti specialmente ai fini dell'analisi della gemellarità); la numerosità di questi eventi è tuttavia ridotta.

In conclusione, questo studio non ha evidenziato particolari effetti dell'esposizione agli impianti per il trattamento dei rifiuti urbani presenti nella regione Lazio sul verificarsi di eventi avversi alla gravidanza.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Alexander G.R., Wingate M.S., Mor J., Boulet S., Birth outcomes of Asian-Indian-Americans. *Int J Gynaecol/Obstet* 2007 pp. 215-220.
2. Kierans WJ, Joseph KS, Luo ZC, Platt R, Wilkins R, Kramer MS. Does one size fit all? The case for ethnic-specific standards of fetal growth. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2008 Jan 8;8:1.
3. Davies DP, Senior N, Cole G, Blass D, Simpson K. Size at birth of Asian and white Caucasian babies born in Leicester: implications for obstetric and paediatric practices. *Early Hum Dev*. 1982;6:257-263. doi: 10.1016/0378-3782(82)90119-0.
4. Wang X, Guyer B, Paige DM. Differences in gestational age-specific birthweight among Chinese, Japanese and White Americans. *Int J Epidemiol*. 1994;23:119-128. doi: 10.1093/ije/23.1.119.
5. Baolin Z, Ray Y, Feiqiu W, Baoqiong W. Comparison of birth weight by gestational age between China and the United States. *Chinese Med J*. 1997;110:148-151.
6. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *EpidemiolPrev*. 2006 Nov-Dec;30(6):352-7.
7. Lahmann PH, Wills RA, Coory M.. Trends in birth size and macrosomia in Queensland, Australia, from 1988 to 2005. *PaediatrPerinatEpidemiol*. 2009 Nov;23(6):533-41.
8. Glinianaia SV, Rankin J, Pless-Mulloli T, Pearce MS, Charlton M, Parker L.. Temporal changes in key maternal and fetal factors affecting birth outcomes: a 32-year population-based study in an industrial city. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2008 Aug 19;8:39.
9. Porta D, Milani S, Lazzarino AI, PerucciCA, Forastiere F. - Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. - *Environ Health*. 2009 Dec 23;8:60.
10. Jansson B, Voog L: Dioxin from Swedish municipal incinerators and the occurrence of cleft lip and palate malformations. *Int J Environ Stud* 1989, 34:99-104.

11. Lloyd OL, Lloyd MM, Williams FL, Lawson A: Twinning in human populations and in cattle exposed to air pollution from incinerators. *Br J Ind Med* 1988, 45:556-560.
12. Williams FL, Lawson AB, Lloyd OL: Low sex ratios of births in areas at risk from air pollution from incinerators, as shown by geographical analysis and 3-dimensional mapping. *Int J Epidemiol* 1992, 21:311-319.
13. Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L: Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north west England, 1956-93. *J Epidemiol Community Health* 2003, 57:456-461.
14. Cordier S, Chevrier C, Robert-Gnansia E, Lorente C, Brula P, Hours M: Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. *Occup Environ Med* 2004, 61:8-15.
15. Tango T, Fujita T, Tanihata T, Minowa M, Doi Y, Kato N, Kunikane S, Uchiyama I, Tanaka M, Uehata T: 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.
16. Xu X, Sharma RK, Talbott EO, Zborowski JV, Rager J, Arena VC, Volz CD. PM<sub>10</sub> air pollution exposure during pregnancy and term low birth weight in Allegheny County, PA, 1994-2000. *Int Arch Occup Environ Health*. 2011 Mar;84(3):251-7. Epub 2010 May 23.
17. Brauer M, Lencar C, Tamburic L, Koehoorn M, Demers P, Karr C. A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes. *Environ Health Perspect*. 2008 May;116(5):680-6.
18. Kim OJ, Ha EH, Kim BM, Seo JH, Park HS, Jung WJ, Lee BE, Suh YJ, Kim YJ, Lee JT, Kim H, Hong YC. PM<sub>10</sub> and pregnancy outcomes: a hospital-based cohort study of pregnant women in Seoul. *J Occup Environ Med*. 2007 Dec;49(12):1394-402.
19. Salam MT, Millstein J, Li YF, Lurmann FW, Margolis HG, Gilliland FD. Birth outcomes and prenatal exposure to ozone, carbon monoxide, and particulate matter: results from the Children's Health Study. *Environ Health Perspect*. 2005 Nov;113(11):1638-44.
20. Regione Emilia-Romagna. I Risultati del Progetto Monitor. Gli Effetti degli Inceneritori sull'Ambiente e la Salute in Emilia-Romagna. Quaderni di Monitor 04<11. Bologna, Novembre 2011

21. Erickson AC, Arbour LT. Heavy smoking during pregnancy as a marker for other risk factors of adverse birth outcomes: a population-based study in British Columbia, Canada. *BMC Public Health*. 2012 Feb 6;12:102.
22. Page RL 2nd, Slejko JF, Libby AM. A Citywide Smoking Ban Reduced Maternal Smoking and Risk for Preterm, Not Low Birth Weight, Births: A Colorado Natural Experiment. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012 Mar 8. [Epub ahead of print]

Tabella 1 – Caratteristiche descrittive dei nati per livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore

Caratteristiche della coorte		Totale		Pre-termovalorizzatore						Post-termovalorizzatore					
				Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatore						Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatore					
		n	%	Bassa		Media		Alta		Bassa		Media		Alta	
		2,056	100	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
				288	100	159	100	93	100	768	100	487	100	261	100
Età della madre	15-20	43	2.1	5	1.7	2	1.3	3	3.2	15	2.0	13	2.7	5	1.9
	21-34	1,423	69.2	214	74.3	110	69.2	64	68.8	551	71.7	311	63.9	173	66.3
	35-40	547	26.6	64	22.2	44	27.7	23	24.7	188	24.5	151	31.0	77	29.5
	41-49	43	2.1	5	1.7	3	1.9	3	3.2	14	1.8	12	2.5	6	2.3
Numero di parti precedenti	0	1,128	54.9	151	52.4	76	47.8	52	55.9	426	55.5	268	55.0	155	59.4
	1	755	36.7	104	36.1	67	42.1	36	38.7	279	36.3	179	36.8	90	34.5
	>=2	173	8.4	33	11.5	16	10.1	5	5.4	63	8.2	40	8.2	16	6.1
Nazionalità madre	Italiana	1,937	94.2	281	97.6	158	99.4	88	94.6	716	93.2	457	93.8	237	90.8
	Straniera	119	5.8	7	2.4	1	0.6	5	5.4	52	6.8	30	6.2	24	9.2
Titolo studio madre	nessuno/elementari/medie superiori/università	1,211	58.9	133	46.2	86	54.1	40	43.0	498	64.8	290	59.5	164	62.8
		845	41.1	155	53.8	73	45.9	53	57.0	270	35.2	197	40.5	97	37.2
Livello socio-economico	Alto	172	8.4	23	8.0	6	3.8	23	24.7	32	4.2	20	4.1	68	26.1
	Medio-alto	623	30.3	81	28.1	32	20.1	37	39.8	283	36.8	102	20.9	88	33.7
	Medio	681	33.1	67	23.3	73	45.9	33	35.5	185	24.1	218	44.8	105	40.2
	Medio-basso	395	19.2	60	20.8	45	28.3	0	0.0	148	19.3	142	29.2	0	0.0
	Basso	97	4.7	31	10.8	0	0.0	0	0.0	66	8.6	0	0.0	0	0.0
	Missing	88	4.3	26	9.0	3	1.9	0	0.0	54	7.0	5	1.0	0	0.0
Inceneritore	Colleferro	1,925	93.6	248	86.1	159	100.0	93	100.0	677	88.2	487	100.0	261	100.0
	San Vittore del Lazio	131	6.4	40	13.9	0	0.0	0	0.0	91	11.8	0	0.0	0	0.0
Fiume Sacco	<= 1 Km	217	10.6	23	8.0	24	15.1	0	0.0	76	9.9	93	19.1	1	0.4
Colleferro Scalo	Residente	42	2.0	10	3.5	0	0.0	0	0.0	32	4.2	0	0.0	0	0.0
Strade principali	<=150 m	1,015	49.4	152	52.8	63	39.6	58	62.4	378	49.2	186	38.2	178	68.2
	<50° percentile	996	48.4	248	86.1	22	13.8	1	1.1	641	83.5	77	15.8	7	2.7
	50° - 90° percentile	762	37.1	17	5.9	84	52.8	92	98.9	56	7.3	259	53.2	254	97.3
PM <sub>10</sub> background	>90° percentile	298	14.5	23	8.0	53	33.3	0	0.0	71	9.2	151	31.0	0	0.0
	<50° percentile	1,171	57.0	219	76.0	57	35.9	54	58.1	523	68.1	177	36.3	141	54.0
	50° - 90° percentile	678	33.0	64	22.2	58	36.5	37	39.8	233	30.3	174	35.7	112	42.9
PM <sub>10</sub> cementificio	>90° percentile	207	10.1	5	1.7	44	27.7	2	2.2	12	1.6	136	27.9	8	3.1

Tabella 2 – Distribuzione degli esiti in studio per livelli di esposizione ad emissioni da termovalorizzatore e periodo in studio (pre/post attivazione dei termovalorizzatori)

	<i>Periodo</i>	Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatore						Totale	
		<u>Bassa</u>		<u>Media</u>		<u>Alta</u>		<u>n</u>	
		<i>n</i>		<i>n</i>		<i>n</i>		<i>n</i>	
Nascite	Pre	288		159		93		540	
	Post	768		487		261		1516	
<i>Esiti della gravidanza</i>	<i>Periodo</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Maschi (1)	Pre	142	49.3	76	47.8	51	54.8	269	49.8
	Post	405	52.7	244	50.1	139	53.3	788	52.0
Nascita pre-termine (2)	Pre	18	6.3	13	8.2	10	10.8	41	7.6
	Post	41	5.3	21	4.3	13	5.0	75	4.9
Basso peso alla nascita (3)	Pre	22	7.6	9	5.7	8	8.6	39	7.2
	Post	45	5.9	38	7.8	13	5.0	96	6.3
Basso peso alla nascita tra i nati a termine (4)	Pre	8	2.8	3	1.9	4	4.3	15	2.8
	Post	14	1.8	15	3.1	5	1.9	34	2.2
Piccoli per età gestazionale (5)	Pre	35	12.2	18	11.3	13	14.0	66	12.2
	Post	64	8.3	56	11.5	27	10.3	147	9.7
Gemellarità (6)	Pre	7	2.5	0	0.0	1	1.1	8	1.5
	Post	12	1.6	8	1.7	1	0.4	21	1.4

(1) Rapporto tra il numero di nati maschi ed il numero di nati femmine

(2) Nati con età gestazionale <37 settimane, escludendo i gemelli

(3) Nati con peso <2500gr

(4) Nati a termine con peso <2500gr, escludendo i gemelli ed i nati pretermine

(5) Neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza alla nascita e per sesso del neonato, esclusi i gemelli ed i nati da madri provenienti dalla regione indiana

(6) Numero di parti gemellari

Tabella 3 – Correlazione tra le diverse fonti di esposizione

---

	PM <sub>10</sub> termovalorizzatore	PM <sub>10</sub> background	PM <sub>10</sub> cementificio
PM <sub>10</sub> termovalorizzatore	1		
PM <sub>10</sub> background	0.6535	1	
PM <sub>10</sub> cementificio	0.7579	0.6058	1

---



Tabella 4 – Associazione tra esposizione a  $PM_{10}$  di *background* ed esiti riproduttivi, odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al $PM_{10}$ di background					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	1.19	0.87	1.64	0.87	0.61	1.23
Nascita pre-termine	0.80	0.39	1.64	0.72	0.32	1.61
Basso peso alla nascita	0.63	0.33	1.20	0.63	0.31	1.27
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	0.87	0.33	2.34	0.19	0.05	0.81
Piccoli per età gestazionale	1.43	0.85	2.40	1.14	0.63	2.06

Tabella 5 – Associazione tra esposizione a  $PM_{10}$  da cementificio ed esiti riproduttivi, odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al $PM_{10}$ da cementificio					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	1.18	0.96	1.46	0.72	0.51	1.03
Nascita pre-termine	1.04	0.66	1.64	1.15	0.53	2.52
Basso peso alla nascita	1.02	0.67	1.55	0.68	0.33	1.41
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	1.46	0.76	2.82	0.68	0.20	2.24
Piccoli per età gestazionale	1.25	0.89	1.75	0.93	0.52	1.66

Tabella 6 – Effetto dell'esercizio del termovalorizzatore (Post verso Pre) sugli esiti riproduttivi nelle aree di media ed alta esposizione a PM<sub>10</sub> da termovalorizzatori: odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al PM <sub>10</sub> da termovalorizzatore					
	Media			Alta		
	OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Maschi	0.96	0.61	1.52	0.81	0.47	1.41
Nascita pre-termine	0.54	0.22	1.37	0.50	0.18	1.43
Basso peso alla nascita	0.73	0.32	1.66	1.09	0.46	2.62
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	2.90	0.62	13.59	0.69	0.14	3.47
Piccoli per età gestazionale	1.53	0.74	3.14	1.06	0.46	2.46

Tabella 7 – Caratteristiche descrittive dei nati per livelli di esposizione ad emissioni da discariche

Caratteristiche materne e ambientali		Esposizione a H <sub>2</sub> S							
		Totale		Bassa		Media		Alta	
		n	%	n	%	n	%	n	%
		16,847	100.0	8,412	100.0	6,751	100.0	1,684	100.0
Età della madre	15-20	346	2.1	182	2.2	130	1.9	34	2.0
	21-34	11,973	71.1	5,978	71.1	4,771	70.7	1,224	72.7
	35-40	4,122	24.5	2,063	24.5	1,664	24.6	395	23.5
	41-49	406	2.4	189	2.2	186	2.8	31	1.8
Numero di parti precedenti	0	9,454	56.1	4,729	56.2	3,780	56.0	945	56.1
	1	5,891	35.0	2,944	35.0	2,366	35.0	581	34.5
	2	1,246	7.4	614	7.3	501	7.4	131	7.8
	>=3	256	1.5	125	1.5	104	1.5	27	1.6
Nazionalità madre	Italiana	14,960	88.8	7,408	88.1	6,014	89.1	1,538	91.3
	Straniera	1,887	11.2	1,004	11.9	737	10.9	146	8.7
Titolo di studio madre	nessuno/elementari/medie superiori/università	7,040	41.8	3,399	40.4	2,909	43.1	732	43.5
		9,807	58.2	5,013	59.6	3,842	56.9	952	56.5
Livello socio-economico	Alto	1,457	8.6	1,044	12.4	386	5.7	27	1.6
	Medio-alto	3,331	19.8	1,147	13.6	1,433	21.2	751	44.6
	Medio	2,931	17.4	1,076	12.8	1,436	21.3	419	24.9
	Medio-basso	3,406	20.2	1,477	17.6	1,770	26.2	159	9.4
	Basso	4,102	24.3	2,761	32.8	1,164	17.2	177	10.5
	Missing	1,620	9.6	907	10.8	532	7.9	151	9.0
Discarica	Albano	4,162	24.7	2,449	29.1	1,424	21.1	289	17.2
	Bracciano	264	1.6	145	1.7	18	0.3	1	0.1
	Latina	324	1.9	0	0.0	19	0.3	305	18.1
	Civitavecchia	4,067	24.1	3,965	47.1	97	1.4	5	0.3
	Guidonia	6,297	37.4	1,671	19.9	3,650	54.1	976	58.0
	Viterbo	60	0.4	4	0.0	41	0.6	15	0.9
	Roccasecca	101	0.6	70	0.8	31	0.5	0	0.0
Strade principali	Colleferro	1,572	9.3	8	0.1	1,471	21.8	93	5.5
	<=150 m	7,651	45.4	3,963	47.1	3,203	47.4	485	28.8
	>150 m	9,196	54.6	4,449	52.9	3,548	52.6	1,199	71.2
PM <sub>10</sub> background	<50° percentile	8,231	48.9	5,431	64.6	2,196	32.5	604	35.9
	50°-90° percentile	6,980	41.4	2,938	34.9	3,286	48.7	756	44.9
	>90 percentile	1,636	9.7	43	0.5	1,269	18.8	324	19.2

Tabella 8 – Distribuzione degli esiti in studio per livelli di esposizione ad emissioni da discariche

	Esposizione a H <sub>2</sub> S							
	Totale		Bassa		Media		Alta	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Nascite	16,847	100.0	8,412	100.0	6,751	100.0	1,684	100.0
<i>Esiti della gravidanza</i>								
Maschi (1)	8,623	51.2	4,296	51.1	3,487	51.7	840	49.9
Nascite pre-termine (2)	954	5.7	484	5.8	381	5.6	89	5.3
Basso peso alla nascita (3)	817	4.8	426	5.1	324	4.8	67	4.0
Basso peso alla nascita tra i nati a termine (4)	378	2.2	194	2.3	147	2.2	37	2.2
Piccoli per età gestazionale (5)	1,693	10.0	875	10.4	656	9.7	162	9.6
Gemellarità (6)	510	3.0	225	2.7	231	3.4	54	3.2
Malformazioni (7)	417	2.5	215	2.6	173	2.6	29	1.7

Tabella 9 - Associazione tra esposizione a H<sub>2</sub>S da discarica ed esiti riproduttivi:odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

<i>Esiti della gravidanza</i>	Esposizione a H <sub>2</sub> S					
	Media			Alta		
	OR	IC 95%		OR	IC 95%	
Maschi	1.03	0.94	1.12	0.95	0.83	1.08
Nascite pre-termine	1.02	0.84	1.23	0.92	0.69	1.24
Basso peso alla nascita	1.07	0.88	1.32	0.91	0.66	1.26
Basso peso alla nascita tra i nati a termine	1.12	0.83	1.51	1.19	0.76	1.87
Piccoli per età gestazionale	0.89	0.77	1.03	0.94	0.75	1.17
Gemellarità	1.34	0.94	1.92	1.27	0.74	2.18
Malformazioni	1.00	0.76	1.31	0.79	0.50	1.23