

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DELLA
POPOLAZIONE RESIDENTE NEI PRESSI DEGLI IMPIANTI PER IL
TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO DEI RIFIUTI URBANI DEL LAZIO**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. Il trattamento meccanico-biologico (TMB) è una tecnologia di trattamento a freddo dei rifiuti indifferenziati (e/o avanzati dalla raccolta differenziata) che sfrutta l'abbinamento di processi meccanici a processi biologici quali la digestione anaerobica e il compostaggio. Appositi macchinari separano la frazione umida (l'organico da bioessicare) dalla frazione secca (carta, plastica, vetro, inerti ecc.); quest'ultima frazione può essere in parte riciclata oppure usata per produrre combustibile derivato dai rifiuti (CDR) rimuovendo i materiali incombustibili. Obiettivo di questo studio è valutare l'associazione tra la residenza nei pressi degli impianti per il TMB dei rifiuti presenti nel Lazio e il ricorso alle cure ospedaliere.

METODI. Dagli archivi anagrafici comunali sono stati arruolati in uno studio di coorte retrospettivo tutti i cittadini residenti (al 1996 o entrati successivamente) entro 5 Km dai TMB di Casale Bussi (VT) e Rocca Cencia e Roma Salaria a Roma. L'accertamento dello stato in vita fino al 31 dicembre 2008 è stato effettuato attraverso una procedura di *record-linkage* con le anagrafi comunali e con il Registro Nominativo delle Cause di Morte della Regione Lazio. Il ricorso ai ricoveri ospedalieri è stato valutato mediante una procedura di *record-linkage* con il Sistema Informativo Ospedaliero. L'indirizzo di ciascun membro della coorte è stato geocodificato in modo da assegnare ad ogni residenza la concentrazione di un inquinante "tracciante" proveniente da un impianto di TMB, stimata attraverso un modello di dispersione. Per valutare l'associazione tra l'indicatore di esposizione e morbosità causa specifica nella analisi interna alla coorte sono stati calcolati i rischi relativi (Hazard Ratio, HR) mediante il modello di Cox tenendo conto di numerose variabili: sito, età, variabili socio-economiche individuali e di area, PM₁₀ come indicatore di inquinamento atmosferico di fondo, residenza in prossimità di strade principali, autostrade e industrie.

RISULTATI. La coorte è composta da 265,052 persone, delle quali 8,933 residenti in zone in cui si osserva la massima ricaduta dell'inquinante "tracciante" emesso dall'impianto (gruppo dei più esposti). I dati a disposizione evidenziano una associazione tra stato socio economico più svantaggiato e residenza in aree a più alto impatto degli impianti (percentuali maggiori di basso livello di istruzione, di lavoratori manuali e disoccupati, livello socio economico basso e medio basso nel gruppo degli esposti rispetto al gruppo di riferimento).

I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta (HR=1.02, IC95%=0.95-1.10, HR= 0.97, IC 95% 0.90-1.05). Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si riscontra nessuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

CONCLUSIONI. Lo studio non ha evidenziato differenze nell'accesso alle cure ospedaliere per coloro che sono maggiormente esposti all'impatto degli impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti di Roma Salaria e Rocca Cencia.

INTRODUZIONE

Il trattamento meccanico-biologico (TMB) è una tecnologia di trattamento a freddo dei rifiuti indifferenziati (e/o avanzati dalla raccolta differenziata) che sfrutta l'abbinamento di processi meccanici a processi biologici quali la digestione anaerobica e il compostaggio. Appositi macchinari separano la frazione umida (l'organico da bioessicare) dalla frazione secca (carta, plastica, vetro, inerti ecc.); quest'ultima frazione può essere in parte riciclata oppure usata per produrre combustibile derivato dai rifiuti (CDR) rimuovendo i materiali incombustibili. La parte meccanica si riferisce alla fase di separazione e classificazione delle varie componenti dei rifiuti mediante sistemi meccanici automatizzati (nastri trasportatori, magneti industriali), in modo tale che dalla massa dei rifiuti vengano rimossi i componenti riciclabili e tutti gli altri componenti destinabili solamente alla discarica. La fase biologica successiva consiste nel trattamento vero e proprio della parte organica del rifiuto. Questa è costituita principalmente dalla frazione umida del rifiuto unitamente alla frazione costituita da carta e cartone, oltre che da altri rifiuti derivati dal legno. Trattandosi di materiali caratterizzati da una differente fermentescibilità, la loro destinazione si può differenziare seguendo due linee differenti:

- la frazione altamente fermentescibile viene coinvolta in un trattamento di digestione anaerobica per la produzione di biogas e di sottoprodotti utilizzabili come fertilizzanti, oppure in un trattamento aerobico (compostaggio) per la produzione di fertilizzante (compost);
- la frazione scarsamente fermentescibile (biostabilizzato) prevede invece la produzione di materiale inerte di natura biologica particolarmente adatto a varie applicazioni volte al recupero ambientale, paesaggistico e alla copertura giornaliera di discariche (al posto della terra) senza avere emissioni di metano o l'impiego nella preparazione di Combustibile Derivato dai Rifiuti (CDR), nel caso il contenuto energetico dello stesso sia adeguato.

Nel Lazio sono presenti sette impianti di TMB, di cui due sono collocati nel territorio adiacente alla discarica di Malagrotta ed altri due nelle immediate vicinanze delle discariche di Albano Laziale e Colfelice. Avendo già, nel corso del progetto ERAS, valutato lo stato di salute della popolazione residente in prossimità delle discariche, si è deciso quindi di prendere in esame solo gli impianti di TMB di Casale Bussi presso il

comune di Viterbo (che dista circa 8 Km dalla discarica provinciale), Rocca Cencia e Roma Salaria siti presso il comune di Roma.

Obiettivo di questo studio è quello di valutare lo stato di salute dei residenti nei pressi degli impianti per il TMB dei rifiuti urbano di Casale Bussi (VT) e Rocca Cencia e Roma Salaria a Roma.

METODI

Descrizione degli impianti

L'impianto di Rocca Cencia è gestito dall'AMA S.p.a. e copre una superficie di circa 72,000 mq. Il TMB di Roma Salaria, anch'esso gestito dall'AMA S.p.a., si estende su una superficie di 70,000 mq circa. Entrambi i TMB hanno una capacità potenziale lavorativa giornaliera di circa 650 tonnellate di rifiuti. Sul totale degli scarti trattati, il 30% è costituito da frazione secca, che principalmente diventa CDR, mentre il 20% si trasforma in frazione organica stabilizzata (FOS), utilizzabile per la ricopertura delle discariche.

L'impianto di Casale Bussi è stato attivato nell'anno 2000 ed è attualmente gestito da Ecologia Viterbo S.r.l. L'impianto copre una superficie di 31,200 mq e ha una capacità lavorativa di circa 600 tonnellate al giorno. Circa il 30% del prodotto finale è costituito da frazione secca e il 15% da frazione umida (FOS).

Area in studio

L'area in studio ha compreso i comuni che rientrano in un raggio di 5 Km dal perimetro dagli impianti. I perimetri degli impianti sono stati geocodificati utilizzando il software GIS (Geographic Information System). Tutte le informazioni sono state proiettate secondo il seguente sistema di riferimento: WGS84_UTM33N (Il Sistema geodetico mondiale del 1984 con la proiezione universale della Trasversa di Mercatore relativa alla zona 33Nord).

Indicatori di esposizione

Poiché non è semplice identificare l'inquinante tipico di un impianto di TMB si è deciso di valutare l'esposizione della popolazione esprimendo le emissioni diffuse dei TMB

attraverso un inquinante generico "tracciante" e ipotizzando una emissione area fissata, per convenzione, ad 1 tonnellata/anno. L'area degli impianti è stata approssimata attraverso celle quadrate di lato pari a 125x125 m e sono stati calcolati i tassi di emissione dell'inquinante generico per ogni cella. I tassi di emissione sono stati considerati come dati di input per un modello di dispersione lagrangiano che usa informazioni sulle emissioni, sulla orografia del territorio e sulla meteorologia (anno 2005). Questa procedura ha consentito la produzione di mappe di concentrazione media annuale al suolo specifiche per TMB che, sebbene non contengano informazioni utili sulle concentrazioni assolute nei singoli punti (poiché non è stata scelta una sostanza specifica, né è stata stimata un'emissione annua per tale sostanza), consentono di comprendere come si disperde un generico inquinante emesso dall'impianto nell'area circostante e compiere quindi una valutazione dell'esposizione.

Sono stati considerati come non esposti i residenti in aree in cui, rispetto alla massima concentrazione stimata dal modello, si osservava una percentuale dell'inquinante generico inferiore al 2%. Sono invece stati considerati come molto esposti i residenti in aree in cui rispetto alla massima concentrazione stimata dal modello si osservava una percentuale dell'inquinante generico superiore al 5%.

Arruolamento della coorte e procedure di follow-up

La coorte dei residenti nel comune di Roma è stata selezionata dallo studio longitudinale romano (2,5 milioni di residenti nell'ottobre 2001). Il disegno dello studio e le sue principali caratteristiche sono state presentate in un articolo pubblicato da Cesaroni et al. nel 2010.²² Sono stati selezionati tutti i residenti nell'area di 5 km dagli impianti di Rocca Cencia e Roma Salaria che hanno vissuto nello stesso indirizzo da almeno 5 anni prima della data di arruolamento fissata al 31 ottobre 2001.

Per quanto riguarda la coorte dei residenti nel comune di Viterbo (85,895) i risultati hanno evidenziato come tra i 2,389 residenti nei 5 km intorno al TMB di Casale Bussi solo 106 risiedessero tra 0-2 km e di questi solo 32 nel primo km. Per questo motivo si è deciso di escludere dall'analisi quest'area.

Tutti i soggetti arruolati nella coorte dei residenti nell'area di 5 km dagli impianti di Rocca Cencia e Roma Salaria sono stati seguiti per quanto riguarda il proprio stato in vita fino al 31 dicembre 2010. I soggetti emigrati dal comune di residenza in un altro

comune sono stati considerati vivi fino al momento della emigrazione, e il *follow-up* è dunque cessato al momento della migrazione stessa. L'attribuzione del ricorso alle cure ospedaliere alla coorte è stata effettuata con procedure di record-linkage, che sono state effettuate usando codici individuali anonimi nel rispetto delle leggi sulla privacy. In sostanza, i soggetti della coorte sono stati considerati a rischio fino al momento del decesso o di emigrazione dal comune di Roma o fino all'ultimo giorno di *follow-up*, il 31 dicembre 2010.

E' importante sottolineare che la coorte dello studio longitudinale romano non tiene conto delle nascite e delle immigrazioni avvenute dal 2001 al 2010, dunque la coorte di residenti non subisce nessun incremento, è una coorte chiusa. Per questo motivo questo studio non valuta lo stato di salute dei bambini e delle bambine, nati e residenti nell'area studiate e non considera le persone che hanno preso la residenza successivamente all'ottobre 2001. Questa evidente limitazione è tuttavia bilanciata dalla ricchezza delle informazioni individuali disponibili per la coorte dello Studio Longitudinale di Roma.

Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato un valore dell'inquinante "tracciante" corrispondente alle concentrazioni stimate dal modello di dispersione per la porzione di territorio di residenza del soggetto.

Esiti di salute

Gli impianti in studio hanno iniziato la loro attività in periodi relativamente recenti per accertare 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 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). 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.

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)

regionali. 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*.

Altre informazioni individuali e fattori di confondimento

A ciascun soggetto sono state attribuite le seguenti caratteristiche individuali: livello di istruzione (alto: università, medio: scuola superiore, basso: scuola dell'obbligo), occupazione (lavori non manuali, lavori manuali, pensionato, non lavoratore), stato civile (sposato, single, separato/divorziato, vedovo), nazionalità (italiana, altro) e un indicatore di livello socio-economico (SES) basato sulla sezione di censimento di residenza (alto, medio, basso).

Oltre alle caratteristiche di esposizione in esame, sono state considerate altre informazioni ambientali che possono essere considerate fattori di confondimento per le relazioni in studio, in particolare la vicinanza a strade ed autostrade trafficate, la vicinanza ad impianti industriali, l'inquinamento diffuso da PM₁₀. Per ognuno di questi fattori sono stati creati degli indicatori come di seguito descritto.

Sono stati calcolati per ogni soggetto della coorte due indicatori di inquinamento da traffico veicolare: la presenza/assenza di autostrada nel raggio di 500 m dalla residenza e la presenza/assenza di strade principali in 150 m dalla residenza. Per classificare la tipologia di strade sono state utilizzate le informazioni presenti nel database della società TELEATLAS; la classificazione è avvenuta selezionando il valore dell'attributo *Functional Road Class* (FRC): autostrade (FRC=1) strade principali (1 <= FRC <= 5).

Sono stati georeferenziati i siti industriali presenti nell'area in studio e ad ogni soggetto è stata attribuita l'eventuale residenza in prossimità degli impianti (entro 1 Km, tra 1 e 2 Km). Le industrie suddette si occupano prevalentemente della produzione di materiali edili, asfalti e bitumi e della costruzione e manutenzione di pavimentazioni stradali, autostradali ed aeroportuali.

Ad ogni soggetto della coorte è stato attribuito inoltre un valore di concentrazione media annua di PM₁₀ come misura della qualità dell'aria nella zona di residenza. La valutazione delle concentrazioni è stata effettuata mediante il modello lagrangiano SPRAY ver. 5 (Arianet srl, Milano, Italia) su tutta la regione Lazio con una

risoluzione di 4x4 Km. Il modello è stato sviluppato da ARPA Lazio mediante l'integrazione delle catene modellistiche RAMS e FARM e ha utilizzato il censimento delle emissioni del 2005 fornite da ISPRA. Il modello simula il trasporto, la dispersione e la ricaduta degli inquinanti emessi da diverse fonti 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 degli inquinanti al suolo sono stati studiati l'orografia del territorio, i dati meteorologici mensili (le componenti del vento e della temperatura), le caratteristiche della turbolenza nella bassa atmosfera e la distribuzione oraria spaziale (orizzontale e verticale) delle emissioni inquinanti.

Analisi statistica

E' stata valutata l'associazione tra la residenza nei pressi dei TMB e le ospedalizzazioni per cause cardiorespiratorie della coorte. I soggetti della coorte, residenti entro 5 km, sono stati classificati sulla base della distribuzione percentile di un inquinante generico emesso dai TMB registrata al loro indirizzo di residenza. L'associazione tra l'esposizione di interesse e il ricorso alle cure ospedaliere è stata valutata in un'analisi interna alla coorte attraverso una analisi di sopravvivenza (*Cox proportional hazard model*) con la stima di rischi relativi (Hazard Ratios, HR, ed intervalli di confidenza al 95%). Nel modello multivariato di analisi l'età è stata considerata come asse temporale e sono state introdotte le seguenti variabili di aggiustamento: istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita, posizione socio-economica, residenza in prossimità di strade principali, residenza entro 500 m da autostrade, residenza entro 2 Km dalle industrie della regione, concentrazione media annua di PM₁₀.

RISULTATI

Nella figura 1 è riportata la localizzazione degli impianti per il TMB dei rifiuti e la dispersione della concentrazione media annua di PM₁₀ (µg/m³).

Nella figura 2 è riportata la localizzazione dei TMB, gli anelli concentrici che descrivono la distanza dai TMB (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, e 4-5 Km) calcolati a partire dal confine perimetrale dei TMB stessi, i risultati dei modelli di dispersione per

l'inquinante "tracciante", le autostrade e le strade principali e i membri della coorte residenti all'inizio del *follow-up* opportunamente georeferenziati.

La tabella 1 mostra la coorte totale dei residenti per livello di esposizione all'inquinante "tracciante" emesso dai TMB, per sesso, età all'inizio del *follow-up*, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita, livello socio-economico, TMB, distanza dal perimetro dei TMB, livello di PM₁₀ all'indirizzo di residenza (<50° percentile, 50°-90° percentile e >90°percentile), residenza vicino a strade principali, autostrade e industrie.

La coorte è composta da 265,052 persone, delle quali 8,933 residenti in zone in cui si osserva la massima ricaduta dell'inquinante "tracciante" emesso dagli impianti (gruppo dei più esposti) e 265,052 residenti in zone dove questa ricaduta è la più bassa (gruppo di controllo). La distribuzione per età della popolazione mostra un aumento della quota dei residenti di età maggiore di 65 anni tra i residenti nella fasce a minore esposizione (23.4 % nel gruppo di controllo vs il 15.1% che si osserva nel gruppo dei più esposti). I dati a disposizione evidenziano una associazione tra stato socio economico più svantaggiato e residenza in aree ad alta concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti (percentuali maggiori di basso livello di istruzione, di lavoratori manuali e disoccupati, livello socio economico basso e medio basso nel gruppo degli esposti rispetto al gruppo di controllo). Tutto il gruppo degli esposti risiede in zone comprese tra 1 e 2 km dal perimetro dei TMB mentre la popolazione esposta ad alte concentrazioni di PM₁₀ si trova solamente nel gruppo di controllo (Tabella 1).

La tabella 2 – a) uomini e b) donne - illustra i risultati dello studio relativo alle persone ricoverate; i risultati sono presentati in termini di confronto interno per livelli di esposizione all'inquinante "tracciante".

Uomini

I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione maschile esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta (HR=1.02, IC95%=0.95-1.10). Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si riscontra nessuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

Donne

Così come per gli uomini, anche tra le donne che risiedono in zone con alta concentrazione dell'inquinante "tracciante" non si riscontrano differenze nel ricorso alle cure ospedaliere rispetto alle donne residenti in aree in cui la concentrazione stimata al suolo dell'inquinante "tracciante" è minore. L'HR grezzo mostra un'associazione tra ricoveri per malattie ischemiche del cuore e malattie cerebrovascolari che scompare quando i risultati vengono aggiustati per caratteristiche individuali e ambientali.

CONCLUSIONI

Lo studio non ha evidenziato differenze nell'accesso alle cure ospedaliere per coloro che sono maggiormente esposti alle emissioni degli impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti di Roma Salaria e Rocca Cencia.

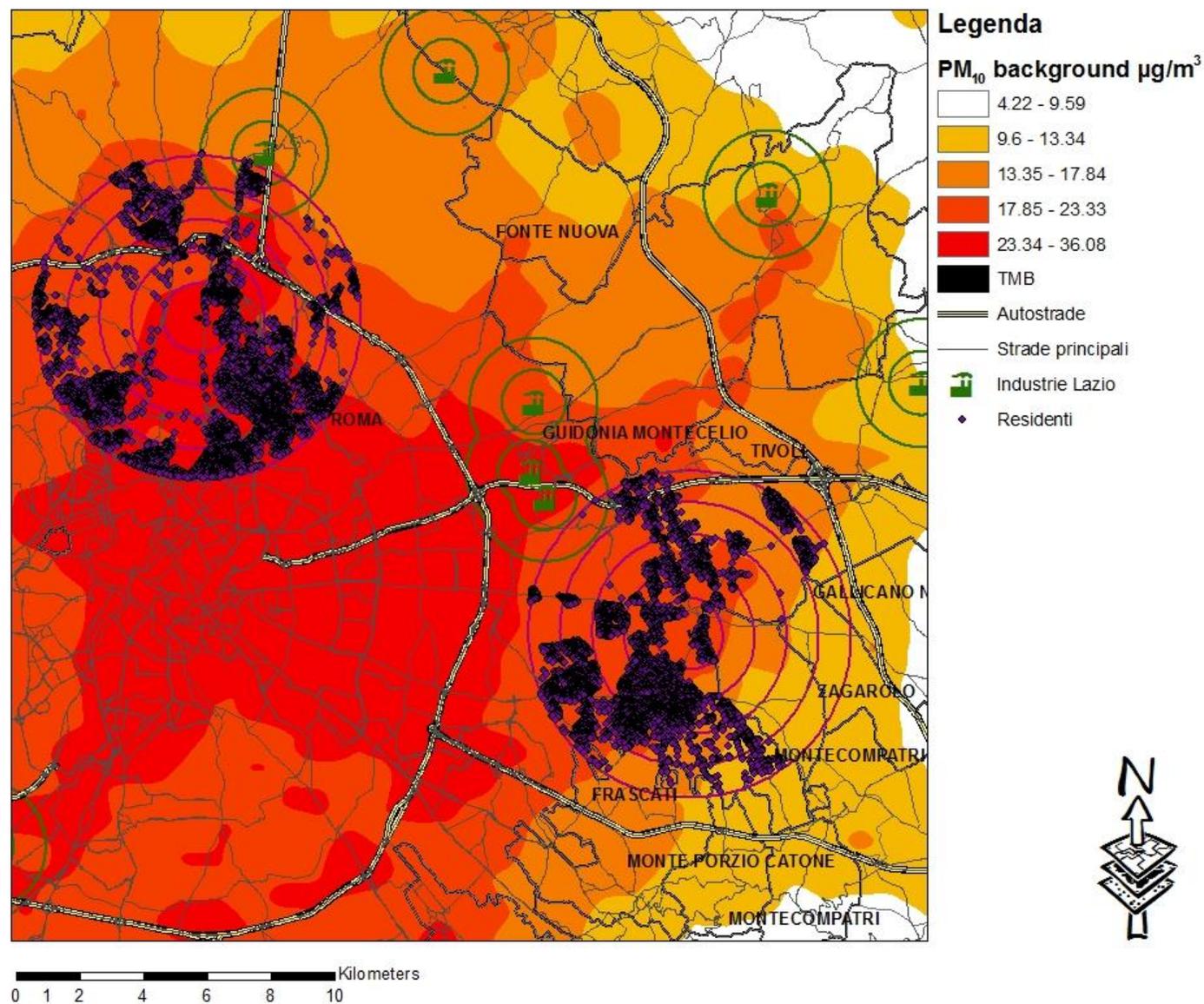
Figura 1. Localizzazione e perimetri dei TMB in studio, buffer di 5 Km dal perimetro e livelli di PM₁₀ (µg/m³) nell'area di Roma

Figura 2. TMB di Rocca Cencia e Roma Salaria. Area in studio, coorte dei residenti, fasce di distanza dagli impianti e zone di ricaduta dell'inquinante "tracciante" rispetto al valore massimo osservato

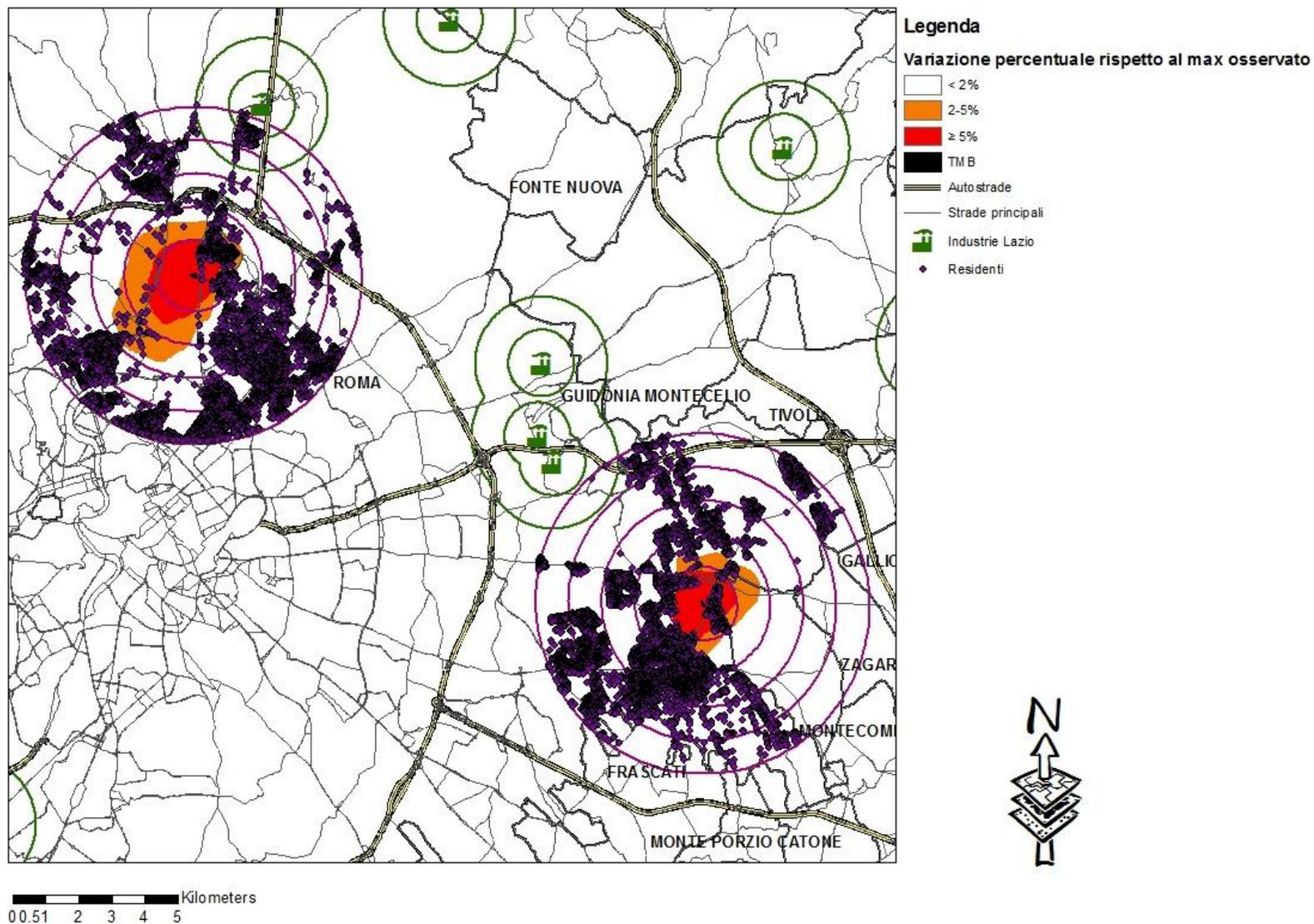


Tabella 1. Caratteristiche descrittive della coorte a seconda del livello di esposizione ad un inquinante "tracciante" delle emissioni degli impianti

		Variazione percentuale dell'inquinante tracciante rispetto al valore massimo osservato							
		<2%		2-5%		5-36%		Totale	
		n	%	n	%	n	%	n	%
	Totale	265,052	100.0	17,529	100.0	8,933	100.0	291,514	100.0
Sesso	Femmine	142,046	53.6	9,048	51.6	4,587	51.3	155,681	53.4
	Maschi	123,006	46.4	8,481	48.4	4,346	48.7	135,833	46.6
Età	5-14	21,870	8.3	1,800	10.3	869	9.7	24,539	8.4
	15-44	102,467	38.7	7,833	44.7	4,033	45.1	114,333	39.2
	45-64	78,614	29.7	5,200	29.7	2,682	30.0	86,496	29.7
	>65	62,101	23.4	2,696	15.4	1,349	15.1	66,146	22.7
Livello di istruzione	Basso	135,078	51.0	11,107	63.4	6,047	67.7	152,232	52.2
	Medio	87,250	32.9	5,197	29.6	2,497	28.0	94,944	32.6
	Alto	42,724	16.1	1,225	7.0	389	4.4	44,338	15.2
Occupazione	Lavoratori non manuali	69,603	26.3	3,735	21.3	1,751	19.6	75,089	25.8
	Lavoratori manuali	35,138	13.3	3,123	17.8	1,764	19.7	40,025	13.7
	Pensionati	36,472	13.8	1,692	9.7	892	10.0	39,056	13.4
	Disoccupati	48,427	18.3	3,456	19.7	1,698	19.0	53,581	18.4
	Casalinghe	38,824	14.6	2,690	15.3	1,352	15.1	42,866	14.7
	missing	36,588	13.8	2,833	16.2	1,476	16.5	40,897	14.0
Stato Civile	Coniugato	108,119	40.8	7,211	41.1	3,636	40.7	118,966	40.8
	Celibe/Nubile	125,760	47.4	8,846	50.5	4,565	51.1	139,171	47.7
	Separato/Divorziato	13,874	5.2	701	4.0	356	4.0	14,931	5.1
	Vedovo	17,299	6.5	771	4.4	376	4.2	18,446	6.3
Luogo di nascita	Roma	163,279	61.6	10,867	62.0	5,329	59.7	179,475	61.6
	Altro	101,773	38.4	6,662	38.0	36,014	403.2	144,449	49.6
Livello socio-economico	Alto	64,196	24.2	2,146	12.2	722	8.1	67,064	23.0
	Medio-alto	57,694	21.8	1,269	7.2	16	0.2	58,979	20.2
	Medio	38,049	14.4	488	2.8	18	0.2	38,555	13.2
	Medio-basso	36,785	13.9	3,776	21.5	3,759	42.1	44,320	15.2
	Basso	68,328	25.8	9,850	56.2	4,418	49.5	82,596	28.3
Impianto	Rocca Cencia	56,932	21.5	10,789	61.5	2,894	32.4	70,615	24.2
	Salaria	208,120	78.5	6,740	38.5	6,039	67.6	220,899	75.8
Distanza dall'impianto	0 - 1 Km	815	0.3	2,627	15.0	6,345	71.0	9,787	3.4
	1 - 2 Km	26,044	9.8	7,234	41.3	2,588	29.0	35,866	12.3
	2 - 3 Km	57,297	21.6	7,640	43.6	0	0.0	64,937	22.3
	3 - 4 Km	76,605	28.9	28	0.2	0	0.0	76,633	26.3
	4 - 5 Km	104,291	39.3	0	0.0	0	0.0	104,291	35.8
Strade principali	<=150 m	157,561	59.4	8,457	48.2	2,138	23.9	168,156	57.7
	>150 m	107,491	40.6	9,072	51.8	6,795	76.1	123,358	42.3
Autostrade	<=500 m	10,832	4.1	0	0.0	0	0.0	10,832	3.7
	>500 m	254,220	95.9	17,529	100.0	8,933	100.0	280,682	96.3
Industrie	0 - 1 Km	1,384	0.5	0	0.0	0	0.0	1,384	0.5
	1 - 2 Km	1,423	0.5	0	0.0	0	0.0	1,423	0.5
	>2 Km	262,245	98.9	17,529	100.0	8,933	100.0	288,707	99.0
PM ₁₀ di background	<50° percentile	125,230	47.2	11,158	63.7	3,568	39.9	139,956	48.0
	50°-90° percentile	111,914	42.2	6,366	36.3	5,365	60.1	123,645	42.4
	>90° percentile	27,908	10.5	5	0.0	0	0.0	27,913	9.6
Stato in vita	Vivo	239,454	90.3	15,643	89.2	8,089	90.6	263,186	90.3
	Deceduto	8,828	3.3	505	2.9	183	2.0	9,516	3.3
	Emigrato	16,770	6.3	1,381	7.9	661	7.4	18,812	6.5

Tabella 2. Esposizione all'inquinante "tracciante" generico: Hazard Ratio (HR) di ospedalizzazione e relativi intervalli di confidenza (IC) al 95%

a) Uomini

Variazione percentuale dell'inquinante tracciante rispetto al valore massimo osservato	<2%			2-5%						5-36%					
	n	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%
CAUSA (ICD-9-CM)															
Cause naturali (001-629;677-799)	21,587	1,521	0.99	0.94 1.04	0.98	0.93 1.04	0.98	0.93 1.04	739	1.07	0.99 1.15	1.02	0.95 1.10	1.02	0.95 1.10
Malattie sistema circolatorio (390-459)	5,200	331	0.93	0.83 1.04	0.92	0.82 1.03	0.93	0.83 1.04	165	1.06	0.90 1.23	0.98	0.84 1.15	0.99	0.84 1.16
Malattie cardiache (390-429)	3,321	215	0.96	0.83 1.11	0.95	0.82 1.09	0.96	0.83 1.10	97	0.98	0.80 1.20	0.90	0.74 1.11	0.91	0.74 1.12
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	1,572	98	0.86	0.70 1.06	0.85	0.69 1.05	0.86	0.69 1.06	53	1.08	0.82 1.42	0.99	0.75 1.30	1.00	0.75 1.32
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,020	74	1.11	0.86 1.41	1.10	0.86 1.40	1.11	0.87 1.41	33	1.16	0.82 1.64	1.02	0.71 1.45	1.02	0.71 1.46
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,821	162	1.13	0.96 1.34	1.12	0.94 1.32	1.11	0.94 1.31	72	1.20	0.95 1.52	1.08	0.85 1.37	1.06	0.83 1.35
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	485	41	1.15	0.82 1.60	1.12	0.81 1.56	1.12	0.81 1.57	17	1.16	0.72 1.89	0.99	0.60 1.62	1.00	0.61 1.65
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	172	16	1.09	0.64 1.86	1.07	0.63 1.82	1.07	0.63 1.82	6	1.17	0.52 2.65	0.85	0.37 1.93	0.78	0.34 1.78
Asma (493)	22	1	0.50	- -	0.50	- -	0.55	- -	1	1.19	- -	1.98	- -	2.35	- -

¹Modello grezzo²Modello aggiustato per caratteristiche individuali (livello socio-economico, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita)³Modello aggiustato per caratteristiche individuali e ambientali (PM₁₀ di qualità dell'aria, residenza in prossimità di strade, autostrade e industrie)

b) Donne

Variazione percentuale dell'inquinante tracciante rispetto al valore massimo osservato	<2%			2-5%						5-36%					
	CAUSA (ICD-9-CM)	n	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³	I.C. 95%	n	HR ¹	I.C. 95%	HR ²	I.C. 95%	HR ³
Cause naturali (001-629;677-799)	24,622	1,580	0.98	0.93 1.03	0.97	0.92 1.02	0.97	0.92 1.03	754	1.03	0.96 1.11	0.98	0.91 1.05	0.97	0.90 1.05
Malattie sistema circolatorio (390-459)	4,199	226	0.96	0.84 1.11	0.95	0.82 1.09	0.95	0.83 1.09	117	1.18	0.98 1.42	1.03	0.85 1.24	1.03	0.85 1.24
Malattie cardiache (390-429)	2,541	144	1.02	0.86 1.22	1.00	0.84 1.19	1.01	0.85 1.20	70	1.19	0.94 1.51	1.02	0.80 1.31	1.02	0.80 1.31
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	662	44	1.12	0.82 1.54	1.09	0.80 1.50	1.10	0.80 1.51	25	1.51	1.01 2.25	1.27	0.84 1.91	1.29	0.85 1.95
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1,101	52	0.89	0.67 1.19	0.87	0.65 1.16	0.87	0.66 1.17	35	1.45	1.04 2.04	1.20	0.85 1.70	1.21	0.85 1.71
Malattie apparato respiratorio (460-519)	1,660	114	1.07	0.88 1.30	1.06	0.87 1.29	1.06	0.87 1.29	47	0.99	0.74 1.32	0.93	0.69 1.24	0.93	0.69 1.25
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466;480-487)	414	25	1.03	0.68 1.57	1.03	0.68 1.56	1.03	0.68 1.57	8	0.75	0.37 1.51	0.70	0.34 1.42	0.69	0.34 1.40
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492;494;496)	184	15	1.38	0.80 2.40	1.35	0.78 2.34	1.32	0.76 2.28	4	0.94	0.35 2.55	0.74	0.27 2.03	0.73	0.26 2.00
Asma (493)	26	2	0.82	- -	0.77	- -	0.80	- -	1	1.08	- -	0.89	- -	0.94	- -

¹Modello grezzo²Modello aggiustato per caratteristiche individuali (livello socio-economico, livello di istruzione, occupazione, stato civile, luogo di nascita)³Modello aggiustato per caratteristiche individuali e ambientali (PM₁₀ di qualità dell'aria, residenza in prossimità di strade, autostrade e industrie)

**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'H₂S emesso dalle discariche e del PM₁₀ 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ 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 PM₁₀, 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ prodotto dalle diverse fonti:

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

È importante osservare come il contributo espositivo del PM₁₀ prodotto dai termovalorizzatori (2.99ng/m³) sia molto inferiore a quello del PM₁₀ prodotto dal cementificio (62.65 ng/m³) e a quello del PM₁₀ di *background* (9.73µg/m³). 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 aPM₁₀ 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 PM₁₀ 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 125×125 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 ng/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 H₂S 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 a PM₁₀ 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 PM₁₀ e H₂S 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ (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 PM₁₀ prodotto dal cementificio e di quello di *background* si è tenuto conto del concomitante effetto del PM₁₀ 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 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 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 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 PM₁₀, 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 (PM₁₀*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 PM₁₀ 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 Colleferro (Tabella 5).

Gli esiti riproduttivi presi in esame non sembrano avere alcuna associazione con l'introduzione di una nuova esposizione quale il PM₁₀ 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 H₂S 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 PM₁₀ di *background* sembrano essere maggiori nelle zone a media e alta concentrazione di H₂S (18.8 e 19.2%) rispetto al riferimento (0.5%).

Nella Tabella 8 è riportata la distribuzione degli esiti per categoria di esposizione all'H₂S 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 H₂S 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 H₂S sugli esiti oggetto dello studio. Per tutti gli esiti in studio non si evidenziano aumenti di rischio associati ai livelli di esposizione ad H₂S.

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 (PM₁₀ dai termovalorizzatori e H₂S 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. PM₁₀ 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. PM₁₀ 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 ₁₀ da termovalorizzatore						Esposizione al PM ₁₀ 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
	Alto	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 ₁₀ 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 ₁₀ 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 ₁₀ 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>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</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 ₁₀ termovalorizzatore	PM ₁₀ background	PM ₁₀ cementificio
PM ₁₀ termovalorizzatore	1		
PM ₁₀ background	0.6535	1	
PM ₁₀ 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 PM₁₀ da termovalorizzatori: odds ratio del modello di regressione logistica con aggiustamento per caratteristiche materne e ambientali

Esiti della gravidanza	Esposizione al PM ₁₀ 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 ₂ 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	7,040	41.8	3,399	40.4	2,909	43.1	732	43.5
	superiori/università	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
PM ₁₀ background	>150 m	9,196	54.6	4,449	52.9	3,548	52.6	1,199	71.2
	<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 ₂ 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 H₂S 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 ₂ 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

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE DEI LAVORATORI
ADDETTI ALLA RACCOLTA, TRASPORTO E SMALTIMENTO
DEI RIFIUTI URBANI A ROMA**

RIASSUNTO

INTRODUZIONE. Gli addetti al ciclo dei Rifiuti Urbani operano in condizioni igieniche precarie e sono esposti a diverse sostanze potenzialmente tossiche (metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, composti organici volatili e idrogeno solforato). I principali effetti sulla salute dei lavoratori sono traumatismi, infezioni respiratorie e gastrointestinali, ridotta funzionalità polmonare, irritazioni e reazioni allergiche.

OBIETTIVO. Valutare la morbosità e mortalità dei lavoratori dell'Azienda Municipalizzata Ambiente del comune di Roma e della discarica di Malagrotta.

METODI. E' stata arruolata una coorte composta dai 6,839 (18.6% donne) addetti in servizio al 01/01/1994, o successivamente assunti fino al 31/12/2009 (fine *follow-up*), con un periodo di impiego di almeno cinque anni. Sono state create tre sottocoorti: addetti alla raccolta, alla discarica, autisti. La ricerca dello stato in vita è stata effettuata mediante *linkage* con i Sistemi Informativi disponibili e con invio di lettere ai comuni di residenza. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità (SMR) e di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per età, specifici per causa e genere.

RISULTATI. La mortalità generale e il ricorso alle cure ospedaliere della coorte è in generale sovrapponibile a quello della popolazione del Lazio nello stesso periodo. Per gli addetti alla raccolta, si osserva, tra gli uomini, una frequenza di ospedalizzazioni minore rispetto al riferimento (SHR=0.93, IC95%=0.87-0.99). Per le donne, viceversa, si evidenzia un eccesso di ospedalizzazioni (SHR=1.35, IC95%=1.21-1.51), in particolare per malattie dell'apparato respiratorio (SHR=1.93, IC95%=1.31-2.74), digerente (SHR=1.33, IC95%=1.00-1.74) e per traumatismi (SHR=2.20, IC95%=1.64-2.89).

CONCLUSIONI. Lo studio non ha evidenziato particolari effetti sanitari tra i lavoratori di sesso maschile, tuttavia le lavoratrici meritano una maggiore sorveglianza per rischi respiratori, gastrointestinali e per traumatismi.

INTRODUZIONE

Lo smaltimento dei rifiuti è un argomento di interesse ambientale, sociale ed economico per tutti i paesi in via di sviluppo. In Europa si generano in media 200 milioni di tonnellate di rifiuti all'anno, derivanti principalmente da attività domestiche, commerciali, industriali e agricole e dalla produzione di energia. Il ciclo di trattamento dei rifiuti urbani (RU), comprende la raccolta, il trasporto e lo smaltimento ed ha implicazioni importanti sia a livello ambientale che di salute pubblica. Gli impianti dedicati al trattamento dei RU, sono considerati dall'opinione pubblica come potenziali fonti di inquinamento ambientale. Raramente, tuttavia, sono considerati i rischi lavorativi, nonostante una esposizione dei lavoratori del settore a metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, composti organici volatili, idrogeno solforato, inquinanti organici persistenti, batteri, virus, funghi, presenti nel processo di trattamento e trasformazione dei rifiuti¹.

Le evidenze relative agli effetti sulla salute dei lavoratori addetti alle diverse fasi del ciclo di trattamento dei RU sono ancora inadeguate: la maggior parte degli studi disponibili sono descrittivi, basati su poche osservazioni e quindi con difficoltà di generalizzazione dei risultati; oppure sono *survey* condotte tra i lavoratori di uno specifico impianto di smaltimento. I principali effetti riscontrati sulla salute dei lavoratori sono i traumatismi causati dagli incidenti sul lavoro, le infezioni respiratorie e gastrointestinali, la ridotta funzionalità polmonare, le patologie a carico dell'apparato muscolo-scheletrico, le irritazioni oculari e della cute e le reazioni allergiche². Sono stati descritti numerosi sintomi aspecifici quali senso di bruciore alle estremità, formicolio o intorpidimento, perdita di memoria transitoria, depressione, mal di testa³, diminuzione della capacità uditiva⁴. La revisione di Porta del 2009⁵ ha evidenziato un aumento del cancro gastrico e di problemi respiratori tra i lavoratori degli inceneritori.

Dalle statistiche INAIL⁶, nel quinquennio 2004-2008, emerge che gli infortuni più frequenti sono: incidenti stradali, collisioni tra mezzi e investimenti di persone, inciampi, cadute, urti, tagli, punture o abrasioni dovuti a contatto con oggetti taglienti, caduta dall'alto di contenitori dei rifiuti. In particolare la raccolta manuale, lo spazzamento manuale e la circolazione stradale, insieme, caratterizzano circa i due terzi degli infortuni totali denunciati. La gravità di questi eventi non è elevata, poiché si tratta in maggior parte di infortuni che causano inabilità temporanee; infatti, nel complesso dell'Industria e Servizi, l'incidenza dei casi gravi (menomazioni permanenti

e morti sul complesso dei casi indennizzati) è pari a circa il 5%; nel caso delle statistiche aziendali osservate, quest'incidenza scende al 2.5%. Tuttavia, il rischio, in termini di frequenza infortunistica è quasi quadruplo (110.17 casi di indennizzati ogni 1,000 addetti per le aziende dei rifiuti oggetto di studio contro i 29.08 del complesso Industria e Servizi). In particolare, sia per quanto attiene la raccolta meccanizzata che la raccolta manuale, la movimentazione dei cassonetti e la salita/discesa dai veicoli (autocompattatore nel primo caso e autocarri leggeri appositamente attrezzati per l'ausilio alle operazioni di raccolta, nel secondo) rappresentano le operazioni specifiche cui è associato il maggior numero di infortuni, generalmente per interazioni con l'attrezzatura (impigliamento, schiacciamento, colpi/urti). Altri infortuni, legati alla movimentazione manuale dei carichi, possono essere causati dal contatto accidentale con oggetti taglienti - infezioni e malattie dovute alla potenziale contaminazione degli stessi con agenti biologici (ad esempio, aghi contaminati da virus a trasmissione ematica, oggetti taglienti contaminati da microrganismi presenti negli stessi rifiuti indifferenziati) , da caduta di oggetti dall'alto durante il caricamento posteriore dei cassonetti (se il compattatore o il cassone sono troppo pieni/mal chiusi/mal tenuti/mal funzionanti durante lo svuotamento di contenitori), dall'investimento degli operatori provocati dal mezzo di raccolta oppure dal traffico veicolare, da scivolamenti e inciampi nei percorsi a piedi da un punto di raccolta ad un altro (giornalmente gli operatori percorrono circa 10 Km), nella salita e discesa dalla cabina o dal predellino posteriore, durante la movimentazione e lo svuotamento dei contenitori. Sforzi fisici a carico del sistema muscolo-scheletrico e schiacciamenti da caduta costituiscono le principali modalità delle lesioni, seguite da contatti con parti meccaniche. Le contusioni e le lussazioni rappresentano i principali traumi che colpiscono prevalentemente gli arti inferiori. E' stato riscontrato che molte delle patologie denunciate dai lavoratori possono essere ricondotte, oltre alla movimentazione manuale dei carichi, ad agenti biologici di natura infettiva o allergica e al particolato aerodisperso, anche se occorre considerare l'esposizione degli addetti ad altre tipologie di rischio quali il rumore, le vibrazioni, lo stress legato ai turni e al lavoro notturno. Le patologie più comuni comprendono disturbi alle vie respiratorie, infezioni cutanee e gastrointestinali, infiammazioni a carico di superfici cutanee e mucose, soprattutto di occhi e vie respiratorie, asma, shock anafilattico causato dalla puntura di insetti. Lo sviluppo o meno di tali patologie è influenzato da vari fattori, tra cui lo stato di salute del lavoratore esposto, il grado di immunizzazione nei confronti degli agenti infettivi ed eventuali condizioni di particolare predisposizione.

Pertanto, secondo l'INAIL, i principali danni alla salute, rilevati nel comparto dei lavoratori nel processo di gestione dei rifiuti urbani, risultano essere:

1. patologie a carico del sistema muscolo scheletrico;
2. infezioni (micosi e infezioni cutanee e respiratorie) ;
3. dermatiti irritative e allergiche da contatto;
4. patologie acute e croniche dell'apparato respiratorio (asma, alveoliti allergiche);
5. patologie da stress legate ai turni e al lavoro notturno;
6. patologie osteoarticolari dovute a condizioni climatiche e/o microclimatiche sfavorevoli;
7. ipoacusia ed effetti extrauditivi da rumore;
8. fenomeni irritativi di cute, occhi e vie respiratorie.

Nel Lazio, il programma "Epidemiologia, Rifiuti, Ambiente e Salute" della regione - ERASLazio (DGR n. 929/08 e L. n.31/2008 art 34) - è nato con l'obiettivo di fornire informazioni aggiornate e tecnicamente corrette sulle implicazioni per la salute e l'ambiente conseguenti al ciclo dei rifiuti urbani.

L'obiettivo del presente studio è valutare la morbosità e la mortalità tra i lavoratori dell'Azienda Municipalizzata Ambiente (AMA) del comune di Roma e tra i lavoratori della discarica di Malagrotta.

METODI

Disegno dello studio e definizione della coorte

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione. La coorte è composta dai soggetti in servizio al 1 Gennaio 1994, o successivamente assunti fino al 31 Dicembre 2009, con un periodo di impiego di almeno cinque anni nelle aziende attive nella raccolta, il trasporto dei RU e tra gli addetti alla discarica di Malagrotta a Roma: AMA (Azienda Municipalizzata Ambiente del comune di Roma), CO.LA.RI,

COMEDI IMPIANTI, E.GIOVI SRL, ECO ITALIA 87, GALERIA SCAVI SRL, GIOVI CAVE SRL, GIOVI IMPIANTI, GIOVI SERVICES SRL, IMPRESA A. CECCHINI & C. SRL, IMPRESA GIOVI SRL, LEADERGREEN SRL, MALAGROTTA DUE, OFFICINE MALAGROTTA SRL, P. GIOVI SRL, PONTEG SRL, PONTINA AMBIENTE SRL, S. ECO. R. SERVIZI ECOLOGICI ROMANI SRL, SORAIN CECCHINI AMBIENTE - S.C.A..

Dai libri matricola aziendali sono stati ricavati, per ogni soggetto, i dati anagrafici, la data di assunzione, la data di cessazione dal servizio e la tipologia di mansione svolta.

Sono state create tre sottocoorti secondo il tipo di mansione svolta:

1. addetti alla raccolta dei rifiuti
2. autisti
3. addetti al trattamento in discarica

Follow-up delle coorti

Le coorti sono state seguite dal 01/01/1994, o dalla successiva data di assunzione, fino al 31/12/2009 (data fine *follow-up*). La ricerca dello stato in vita è stata effettuata in due fasi: *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e invio di lettere ai comuni di residenza per i soggetti "non trovati" nella prima fase.

I fase: follow-up utilizzando i Sistemi Informativi

Per i lavoratori residenti a Roma è stato dapprima effettuato il *record-linkage* con la "foto" al 29/04/2010 dell'Anagrafe del Comune di Roma (o la consultazione on-line dell'anagrafe). Il *linkage* successivo con il Registro Nominativo delle Cause di Morte della Regione Lazio (ReNCaM, anni 1994-2009) ha consentito di individuare i lavoratori deceduti e di recuperare l'informazione sulla causa di morte, codificata secondo le regole della IX Classificazione Internazionale delle Malattie (ICD IX-CM). I lavoratori "non trovati" sono stati cercati nel Sistema Informativo Ospedaliero (SIO, a ritroso per gli anni 2010-1994) nell'ipotesi che avere avuto un ricovero in un ospedale del Lazio fosse una dimostrazione dello stato in vita alla data di dimissione dall'ospedale. Alla fine di questa prima fase, sono stati considerati vivi alla data di fine *follow-up* i lavoratori deceduti dopo il 31/12/2009, i residenti a Roma alla data del 29/04/2010 o alla data della verifica anagrafica manuale effettuata online e coloro i quali hanno effettuato un ricovero ospedaliero nel 2010.

II fase: follow-up condotto attraverso l'invio delle lettere ai comuni

Per coloro i quali non è stato possibile accertare lo stato in vita al 31/12/2009 è stato effettuato un *linkage* con la Foto dell'Anagrafe del Comune di Roma del 02/04/2009 e sono state inviate lettere ai Comuni di residenza. Per i lavoratori "non trovati" sia nei sistemi informativi sia tramite l'invio di lettere, per gli emigrati e gli irreperibili, come data di fine *follow-up* è stata utilizzata la data di "ultima volta visto", cioè la data massima tra la data di emigrazione, di accertamento dell'irreperibilità, di dimissione e di cessazione dal servizio, considerandoli vivi a tale data.

Il ricorso alle cure ospedaliere di questa coorte è stato eseguito attraverso il *linkage* della coorte di lavoratori, in vita al 01/01/2004, con il Sistema Informativo Ospedaliero (SIO) per gli anni 2004-2009. Sono stati selezionati i soggetti ricoverati almeno una volta, per ognuna delle cause considerate.

In appendice sono descritte in maggiore dettaglio le procedure seguite per l'accertamento dello stato in vita dei lavoratori di questa coorte.

Analisi statistica

Sono stati calcolati gli anni persona a rischio di morte e di prima ospedalizzazione per causa durante il periodo di *follow-up*, specifici per età (18 classi) e periodo di calendario (tre periodi per la mortalità ed uno per le ospedalizzazioni). Ogni soggetto ha contribuito al computo degli anni persona dalla data dell'arruolamento (01/01/1994), per l'analisi di mortalità, o dal 01/01/2004, per l'analisi delle ospedalizzazioni, ovvero a partire dal sesto anno in servizio per coloro che non avessero ancora maturato tale anzianità.

Analisi di mortalità

Per confrontare la mortalità dei lavoratori in studio con quella dei residenti nella regione Lazio, è stata calcolata la mortalità attesa utilizzando i tassi di mortalità del Lazio relativi al periodo 1994-2009 stratificati per classi d'età, per periodo di calendario (1994-1998, 1999-2003, 2004-2009) e sesso. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità (SMR), aggiustati per età e periodo, specifici per causa e genere e i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Analisi delle ospedalizzazioni

In analogia con l'analisi di mortalità, sono stati confrontati i lavoratori in studio ed in vita al 01/01/2004 ricoverati almeno una volta, per le diverse cause considerate, nel

periodo 2004-2009, con i ricoverati attesi calcolati utilizzando i tassi di ospedalizzazione del Lazio, relativi allo stesso periodo, stratificati per classi d'età e sesso. Le ospedalizzazioni oggetto di analisi sono esclusivamente il primo evento per causa per ogni lavoratore, quindi sono in studio le persone ricoverate e non i ricoveri. Sono stati calcolati rapporti standardizzati di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per età, specifici per causa e genere. Il denominatore per il calcolo dei casi attesi è rappresentato dagli anni persona della coorte. Il numero di ospedalizzazioni osservato è stato rapportato al numero di ospedalizzazioni attese sulla base della popolazione di riferimento della regione Lazio. Sono stati calcolati gli intervalli di confidenza al 95% dei rapporti standardizzati.

RISULTATI

La coorte iniziale è composta da 6,839 lavoratori, dei quali 4,463 erano ancora in servizio, quindi vivi, alla data di fine *follow-up* (31/12/2009). Per gli altri 2,376 lavoratori è stato necessario accertare lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009) attraverso *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e successivamente attraverso l'invio di lettere ai comuni di residenza (Appendice).

La tabella 1 mostra le caratteristiche principali dei 6,839 lavoratori, per tipologia di mansione svolta. Partecipano allo studio 1,471 autisti, 5,160 addetti alla raccolta e 208 addetti alla discarica per RU di Malagrotta. Le 1,271 donne della coorte sono tutte addette alla raccolta, e costituiscono il 25% del totale dei lavoratori addetti a questo settore del ciclo dei rifiuti. L'età media alla data di inizio del *follow-up* (01/01/1994) è più bassa tra gli addetti alla discarica (29 anni) rispetto agli addetti alla raccolta e agli autisti (34 e 35 anni). Tra gli addetti alla raccolta, gli uomini hanno un'età media all'inizio del *follow-up* maggiore di quella delle donne (35.4 vs 27.6 anni, rispettivamente). L'età media all'assunzione è invece simile tra i gruppi a confronto e compresa tra 32 e 34 anni. Da notare che il 21% degli addetti alla discarica sono stati assunti solo a partire dal 2005. Alla chiusura del *follow-up* la percentuale di decessi nella coorte degli autisti era 3.9%, per gli addetti alla raccolta era 4.2% e per gli addetti alla discarica 3.8%. Il totale degli anni-persona per gli autisti, gli addetti alla raccolta e al trattamento in discarica sono rispettivamente 18,039, 53,943 e 1,973.

Nella tabella 2 sono riportati i risultati dello studio della mortalità degli addetti alla raccolta degli RU (uomini e donne). La mortalità di questa categoria di lavoratori è sostanzialmente uguale a quella osservata nello stesso periodo tra i residenti della regione Lazio (SMR tutte le cause: 0.90 negli uomini e 1.08 nelle donne), non sono stati rilevati eccessi o difetti importanti per le singole cause. Nella tabella 3 sono riportati i risultati dello studio della mortalità degli autisti addetti al trasporto dei rifiuti (uomini). Nel periodo in studio si è osservato in questo gruppo una mortalità più bassa rispetto all'atteso regionale per tutte le cause, (SMR=0.70, IC95%=0.53-0.90) e per cause naturali (tutte le cause eccetto i traumatismi, SMR=0.70, IC95%=0.53-0.90). In particolare, si osserva una riduzione del rischio di mortalità per malattie del sistema circolatorio (SMR=0.39, IC95%=0.18-0.74), specialmente per malattie cardiache e ischemiche. I lavoratori presso la discarica di Malagrotta hanno un mortalità per tutte le cause sovrapponibile alla mortalità della popolazione del Lazio nello stesso periodo (Tabella 4).

Nelle tabella 5 sono riportati i risultati dello studio del ricorso alle cure ospedaliere per gli addetti alla raccolta (uomini e donne). La proporzione di uomini che si sono ricoverati almeno una volta per cause naturali è superiore nella coorte rispetto al riferimento regionale (SHR=1.14, IC95%=1.07-1.22). Si evidenzia un eccesso di donne ricoverate per cause naturali (SHR=1.65, IC95%=1.47-1.84), per malattie dell'apparato respiratorio (SHR=1.95, IC95%=1.33-2.77), per malattie dell'apparato digerente (SHR=1.37, IC95%=1.03-1.79) e per traumatismi e avvelenamenti (SHR=2.28, IC95%=1.69-2.99). Per gli autisti si osserva, per cause naturali, un ricorso alle ospedalizzazioni maggiore rispetto a quello dei residenti nella regione Lazio nello stesso periodo (SHR=1.25, IC95%=1.13-1.38), ad eccezione delle malattie cerebrovascolari per le quali sono stati riscontrati meno ospedalizzati rispetto all'atteso (SHR=0.55, IC95%=0.27-0.98) (tabella 6). Per gli addetti alla discarica le ospedalizzazioni osservate non si discostano sostanzialmente da quelle osservate tra gli uomini residenti nella regione Lazio nello stesso periodo (tabella 7).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati di questo studio epidemiologico mostrano che a Roma i lavoratori dell'AMA addetti alla raccolta dei rifiuti e i lavoratori della discarica di Malagrotta presentano una mortalità generale che non si discosta da quella regionale, mentre gli autisti addetti al conferimento in discarica dei rifiuti hanno un minore rischio di mortalità rispetto alla popolazione generale della regione Lazio, in particolare per malattie del sistema circolatorio. Per quanto riguarda il ricorso alle cure ospedaliere, il confronto con la popolazione della regione, tenendo conto del genere e della classe d'età, ha mostrato per gli addetti alla discarica una situazione sovrapponibile a quella regionale. Per gli autisti e gli addetti alla raccolta, invece, il rischio di ospedalizzazione risulta maggiore rispetto all'atteso, soprattutto, tra le donne spazzine, per patologie dell'apparato digerente, respiratorio e per traumatismi.

Per l'interpretazione dei risultati dello studio è importante prendere in rassegna i dati della letteratura. Gelberg et al.⁷ hanno condotto uno studio trasversale per esaminare gli effetti acuti sulla salute dei lavoratori della discarica Fresh Kills della città di New York osservando una maggior prevalenza di patologie lavoro-correlate per cause respiratorie (OR 2.14, 95%IC=1.35-3.38), dermatologiche (OR=2.07, IC95%=1.11-3.84), neurologiche (OR=1.89, IC95%=1.08-3.32) e dell'apparato uditivo (OR=1.73, IC95%=1.03-2.90) rispetto al gruppo di controllo costituito dai dipendenti amministrativi.

Bresnitz et al.⁸ hanno studiato 89 lavoratori di sesso maschile presso l'inceneritore di Philadelphia. I lavoratori sono stati divisi in gruppi di esposizione potenzialmente alta e bassa sulla base del luogo in cui si svolgeva l'attività. Dopo aggiustamento per abitudine al fumo, non sono state trovate differenze nella funzionalità polmonare tra i due gruppi. Nel 1997, Rapiti et al.⁹ hanno condotto uno studio retrospettivo di mortalità su 532 lavoratori uomini occupati presso due inceneritori di rifiuti urbani a Roma tra il 1962 e il 1992. La mortalità per tutte le cause è risultata inferiore all'atteso e la mortalità per tutti i tumori sovrapponibile a quella della popolazione generale. La mortalità per cancro al polmone era inferiore all'atteso (SMR=0.55, IC90%=0.15-1.42), ma è stato trovato un aumento del rischio per cancro allo stomaco (SMR=2.79, IC90%=0.94-6.35). Hours et al.¹⁰ hanno analizzato 102 lavoratori uomini occupati presso tre inceneritori francesi nel corso del 1996, appaiati per età con 94 lavoratori uomini provenienti da altre attività industriali. I lavoratori

esposti sono stati distribuiti in 3 categorie di esposizione basate sulle analisi di campioni di aria raccolti sul posto di lavoro: gli operatori di gru e attrezzature, i lavoratori della fornace, i lavoratori della manutenzione e del trattamento degli scarichi. Nei gruppi esposti sono stati osservati eccessi di problemi respiratori, soprattutto tosse ($OR_{fornace}=6.58$, $IC95\%=2.18-19.85$ e $OR_{manutenzione/trattamento}=2.55$, $IC95\%=0.84-7.75$), e una relazione significativa tra l'esposizione e la diminuzione di alcuni parametri polmonari, anche dopo aggiustamento per il consumo di tabacco. Il gruppo di lavoratori della manutenzione e del trattamento degli scarichi e il gruppo lavoratori della fornace mostravano eccessi di rischio per sintomi cutanei. ($OR=4.85$, $IC95\%=2.04-11.51$ e $OR=5.03$, $IC95\%=2.00-12.67$, rispettivamente). Nello stesso anno, Takata et al.¹¹ hanno condotto uno studio trasversale in Giappone su 92 lavoratori di un inceneritore di rifiuti urbani per studiare gli effetti sulla salute dell'esposizione cronica alle diossine. Le concentrazioni di queste sostanze chimiche nel sangue dei lavoratori che erano impegnati nella manutenzione del forno, nella raccolta di polvere elettrica e nella pulizia ad umido dell'inceneritore, erano più alti rispetto a quelli dei residenti nelle aree circostanti, ma non vi erano segni clinici o evidenze correlati ai livelli ematici di diossine.

Ivens et al.¹² hanno studiato gli effetti nocivi per la salute degli addetti alla raccolta di RU in Danimarca. Sono stati somministrati questionari a 2.303 operatori ecologici e ad un gruppo di controllo di 1.430 lavoratori comunali di sesso maschile, per raccogliere informazioni sullo stato di salute e sulle condizioni di lavoro per metterle in relazione all'esposizione stimata di bioaerosol. Dopo l'aggiustamento per diversi fattori confondenti (tra i quali consumo medio giornaliero di alcool e abitudine al fumo), è emersa una relazione dose-risposta tra il livello di esposizione alle spore fungine ed episodi di diarrea auto-riferiti ($PPR_{alta\ esp}=5.60$, $IC95\%=2.39-13.08$; $PPR_{media}=3.45$, $IC95\%=2.24-5.31$; $PPR_{bassa}=3.02$, $IC95\%=1.86-4.92$). In contrasto con questi risultati, uno studio di Yang et al.¹³ su 853 lavoratori occupati presso 27 uffici comunali di raccolta dei rifiuti domestici a Taiwan non ha trovato alcun eccesso di sintomi gastrointestinali. I lavoratori hanno risposto ad un questionario e sono stati classificati in due gruppi secondo specifiche esposizioni occupazionali determinate in base alla mansione riportata dall'intervistato. Il gruppo esposto includeva i lavoratori nella raccolta di RU misti, di rifiuti differenziati e di particolari tipi di rifiuti domestici (carta, vetro, ecc), di rifiuti dei giardini, di rifiuti ingombranti per l'incenerimento ed i conducenti dei camion per il trasporto; il gruppo di controllo includeva commercialisti, cronometristi, personale addetto alla mensa, impiegati ed altri. Non sono state

riscontrate differenze significative nella prevalenza dei sintomi gastrointestinali, ma la prevalenza di tutti i sintomi respiratori, tranne la dispnea, è risultata significativamente più alta nel gruppo esposto, dopo aggiustamento per età, sesso, istruzione, abitudine al fumo, e durata del rapporto di lavoro. Anche lo studio *cross-sectional* di Athanasiou et al. del 2010¹⁴, su un campione di 184 lavoratori (104 nella discarica e 80 impiegati) nel comune di Keratsini in Grecia, ha evidenziato una maggiore prevalenza di sintomi respiratori, specialmente tosse (OR=3.0, IC95%=1.3-7.2) e catarro (OR=2.5, IC95%=1.1-6.1), e una maggiore riduzione della funzione polmonare tra gli esposti.

La riduzione della mortalità generale, osservata nel nostro studio per tutti i lavoratori, è spiegabile dalla ridotta mortalità per malattie cardiovascolari ed è in accordo con quanto rilevato dalla letteratura scientifica. L'effetto lavoratore sano, infatti, è un fenomeno osservato negli studi di epidemiologia occupazionale: i lavoratori, in genere, mostrano bassi tassi di mortalità per tutte le cause rispetto alla popolazione generale in quanto i malati cronici gravi e i disabili sono normalmente esclusi dal lavoro¹⁵⁻¹⁶.

L'eccesso di ospedalizzazioni tra le donne della coorte, attribuibile principalmente a malattie dell'apparato respiratorio, gastrointestinale e ai traumatismi, è dovuto probabilmente alla tipologia di mansione svolta ossia la raccolta dei RU.

Secondo lo studio di Ivens et al. del 1998¹⁷, il numero di lesioni tra i raccoglitori di rifiuti dipende, tra le altre cose, dall'età della persona, dall'anzianità di servizio, dalla mansione, dall'ora del giorno, il giorno della settimana, e la stagione. Lo studio ha anche suggerito una riduzione del rischio di sperimentare un infortunio con l'età, infatti l'età elevata è di solito associata ad una elevata anzianità di servizio e quindi maggiore esperienza. Visto che gli infortuni presso l'impianto di trattamento dei rifiuti non avvengono prevalentemente né tra i giovani né tra gli impiegati permanenti, sembra che l'inesperienza del lavoratore non sia una spiegazione plausibile. Al contrario, la causa di questi infortuni potrebbe essere il lavoro ripetitivo e pesante.

Nella coorte dei lavoratori dei rifiuti a Roma, si è osservato un eccesso di rischio di donne ricoverate per malattie dell'apparato digerente tra le addette alla raccolta dei rifiuti, anche se le evidenze di letteratura in merito al rischio di patologie a carico dell'apparato gastrointestinale tra i lavoratori addetti alla raccolta dei rifiuti sono controverse.¹²⁻¹³ L'effetto osservato potrebbe essere associato anche ad altri fattori, quali il consumo di alcool, una dieta scarsa di frutta e verdura ed uno stato socio-

economico più basso, dei quali non è stato possibile tenere conto in questo studio. Tuttavia, nel periodo considerato, tra queste lavoratrici non si è osservato nemmeno un ricovero per cirrosi epatica.

L'eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio è coerente con i risultati dello studio *cross-sectional* di Athanasiou et al. del 2010¹⁴ e con lo studio di Heldal et al. del 2003.¹⁸ Heldal sosteneva che il modo in cui vengono raccolti i rifiuti è particolarmente importante, infatti, ad esempio, la raccolta dei rifiuti organici potrebbe causare un aumento del rischio di infiammazione delle vie aeree superiori. I risultati forniti dal presente studio sono in linea con quanto riportato in letteratura, con particolare riferimento alla revisione di Kuijer et al. del 2010¹⁹: moderata evidenza di rischio aumentato per disturbi respiratori e lesioni muscolo-scheletriche e limitata evidenza di disordini gastrointestinali.

In questa coorte l'eccesso di rischio di ricorrere alle cure ospedaliere per malattie dell'apparato respiratorio (+95%), per malattie dell'apparato digerente (+37%) e per traumatismi (+128%) si osserva soltanto tra le donne addette alla raccolta dei rifiuti. Questa differenza di genere e i suoi determinanti meritano senz'altro di essere ulteriormente studiati.

Infine, dal punto di vista metodologico, le procedure di *record-linkage* con i Sistemi Informativi disponibili (anagrafe comunale, registro regionale di mortalità, sistema informativo ospedaliero della Regione Lazio), utilizzate per l'accertamento dello stato in vita dei lavoratori di questa coorte, hanno consentito di ridurre sensibilmente il numero di persone per le quali il *follow-up* è stato condotto con i metodi tradizionali (invio delle lettere ai comuni di residenza), diminuendo sensibilmente i tempi necessari per l'accertamento.

In conclusione, non vi sono particolari effetti sanitari tra i lavoratori di sesso maschile addetti alla raccolta e al trasporto di rifiuti ma le lavoratrici meritano una maggiore attenzione per rischi respiratori, gastrointestinali e da trauma. Ovviamente è rilevante la continua sorveglianza epidemiologica.

BIBLIOGRAFIA

1. Krajewski JA, Tarkowski S, Cyprowski M et al: Occupational exposure to organic dust associated with municipal waste collection and management. *Int J Occup Med Environ Health* 2002; 15(3):289-301.
2. Krajewski JA, Tarkowski S, Cyprowski M: Hazardous health effects in communal waste collection and disposal workers. *Med Pr* 2000; 51(2):159-72.
3. Ray MR, Roychoudhury S, Mukherjee G et al: Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi. *Int J Hyg Environ Health* 2005; 208(4):255-62.
4. Shi TM, Weng SF, Liu YW et al: The analysis of adverse health effects of occupational hazards factors in one solid waste landfill. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2011 Jul; 29(7):514-8.
5. Porta D, Milani S, Lazzarino AI et al: Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009 Dec 23; 8:60.
6. Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro: I rischi professionali. Milano: INAIL, 2009 (La sicurezza per gli operatori della raccolta dei rifiuti e dell'igiene urbana. Edizione 2009). Disponibile online all'indirizzo [http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?nfpb=true&pageLabel=PAGE_PUBBLICAZIONI&nextPage=PUBBLICAZIONI/Tutti i titoli/Rischio professionale/La sicurezza per gli operatori della raccolta dei rifiuti e dell'igiene urbana/info-606956441.jsp](http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?nfpb=true&pageLabel=PAGE_PUBBLICAZIONI&nextPage=PUBBLICAZIONI/Tutti+i+titoli/Rischio+professionale/La+sicurezza+per+gli+operatori+della+raccolta+dei+rifiuti+e+dell+igiene+urbana/info-606956441.jsp) (ultimo accesso 20/04/2012).
7. Gelberg KH: Health study of New York City Department of Sanitation landfill employees. *Journal of Occup Environ Med* 1997; 39:1103-1110.
8. Bresnitz EA, Roseman J, Becker D, Gracely E: Morbidity among municipal waste incinerator workers. *Am J Ind Med* 1992; 22(3):363-78.
9. Rapiti E, Sperati A, Fano V et al: Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study. *Am J Ind Med* 1997 May; 31(5):659-61.
10. Hours M, Anzivino-Viricel L, Maitre A et al: Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health* 2003 Jul; 76(6):467-72.
11. Takata T: Survey on the health effects of chronic exposure to dioxins and its accumulation on workers of a municipal solid waste incinerator, rural part of

- Osaka Prefecture, and the results of extended survey afterwards. *Ind Health* 2003 Jul; 41(3):189-96.
12. Ivens UI, Hansen J, Breum NO et al: Diarrhoea among waste collectors associated with bioaerosol exposure. *Ann Agric Environ Med* 1997; 4:63-68.
 13. Yang CY, Chang WT, Chuang HY et al: Adverse health effects among household waste collectors in Taiwan. *Environ Res* 2001 Mar; 85(3):195-9.
 14. Athanasiou M, Makrynos G, Dounias G: Respiratory health of municipal solid waste workers. *Occup Med (Lond)* 2010 Dec; 60(8):618-23.
 15. Last J: A Dictionary of Epidemiology. 3rd ed. Oxford, UK: *Oxford University Press* 1995.
 16. McMichael AJ: Standardized mortality ratios and the "healthy worker effect": Scratching beneath the surface. *J Occup Med* 1976 Mar; 18(3):165-8.
 17. Ivens UI, Lassen JH, Kaltoft BS, Skov T: Injuries among domestic waste collectors. *Am J Ind Med* 1998 Feb; 33(2):182-9.
 18. Heldal KK, Halstensen AS, Thorn J et al: Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occup Environ Med* 2003 Jun; 60(6):444-50.
 19. Kuijjer PP, Sluiter JK, Frings-Dresen MH: Health and safety in waste collection: Towards evidence-based worker health surveillance. *Am J Ind Med* 2010 Oct; 53(10):1040-64.

Tabella 1. Caratteristiche delle coorti di lavoratori addetti alla raccolta, al trasporto e al trattamento dei Rifiuti Urbani a Roma

		Addetti alla raccolta						Autisti	
		<i>Uomini</i>		<i>Donne</i>		<i>Totale</i>		<i>Uomini</i>	
Numerosità		3889	(75%)	1271	(25%)	5160		1471	
Età media in anni al 01/01/1994 (DS)		35.4	(12.2)	27.6	(8.5)	33.5	(11.9)	34.8	(11.7)
Periodo di assunzione	<=1984	0	(0%)	0	(0%)	0	(0%)	0	(0%)
	1985-1994	2808	(72%)	422	(33%)	3230	(63%)	1236	(84%)
	1995-2004	1019	(26%)	773	(61%)	1792	(35%)	107	(7%)
	>=2005	62	(2%)	76	(6%)	138	(3%)	128	(9%)
Età media all'assunzione in anni (DS)		33.4	(7.9)	31.6	(7.2)	32.9	(7.7)	32.1	(7.9)
Stato in vita al 31/12/2009	Vivi	3664	(94.2%)	1258	(99.0%)	4922	(95.4%)	1412	(96.0%)
	Morti	204	(5.3%)	11	(0.9%)	215	(4.2%)	57	(3.9%)
	Persi*	21	(0.5%)	2	(0.2%)	23	(0.4%)	2	(0.1%)
Anni persona	<=19		0.1%		0.4%		0.1%		0.0%
	20-29		1.6%		3.3%		1.9%		1.7%
	30-39		24.0%		39.4%		26.6%		30.7%
	40-49		32.1%		41.7%		33.7%		32.3%
	>=50		42.3%		15.2%		37.8%		35.3%

* Lo stato in vita non è stato accertato al 31/12/2009 bensì alla data di 'ultima volta visto'.

Tabella 2. Decessi per causa nella coorte di lavoratori addetti alla raccolta di RU. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)										
	MORTI	ATTESI	SMR	INF	SUP	MORTI	ATTESI	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	204	226.25	0.90	0.78	1.03	11	10.19	1.08	0.54	1.93
Cause naturali (001-799)	181	207.47	0.87	0.75	1.01	8	9.32	0.86	0.37	1.69
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	5	2.86	1.75	0.57	4.09	0	0.11			
Tumori maligni (140-208)	86	95.84	0.90	0.72	1.11	5	5.71	0.88	0.28	2.04
Tumori maligni dello stomaco (151)	6	6.35	0.94	0.35	2.06	0	0.27			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	5	9.65	0.52	0.17	1.21	0	0.47			
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	7	6.68	1.05	0.42	2.16	0	0.17			
Tumori maligni del pancreas (157)	4	5.37	0.74	0.20	1.91	1	0.21			
Tumori maligni della laringe (161)	3	1.88	1.60	0.33	4.66	1	0.02			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	33	31.92	1.03	0.71	1.45	0	0.83			
Tumori maligni della pleura (163)	1	0.57				1	0.02			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	1	0.49				0	0.05			
Tumori maligni della mammella della donna (174)						1	1.56			
Tumori maligni della vescica (188)	4	3.24	1.23	0.34	3.16	0	0.03			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	2	2.79	0.72	0.09	2.59	0	0.06			
Tumori maligni della prostata (185)	1	3.29								
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	4	3.78	1.06	0.29	2.71	0	0.00			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	6	7.65	0.78	0.29	1.71	0	0.44			
Malattie neurologiche (330-349)	2	3.53	0.57	0.07	2.05	0	0.20			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	51	64.90	0.79	0.59	1.03	2	1.54	1.30	0.16	4.69
Malattie cardiache (390-429)	40	49.81	0.80	0.57	1.09	1	0.99			
Malattie ischemiche (410-414)	27	31.59	0.85	0.56	1.24	0	0.42			
Malattie cerebrovascolari (430-438)	10	10.88	0.92	0.44	1.69	1	0.46			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	7.15	0.42	0.09	1.23	0	0.18			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	1	1.21				0	0.05			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	1	3.56				0	0.05			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	17	12.87	1.32	0.77	2.11	1	0.39			
Malattie renali (580-599)	1	1.83				0	0.07			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	20	16.81	1.19	0.73	1.84	3	0.79	3.78	0.78	11.04

Tabella 3. Decessi per causa nella coorte di lavoratori che svolgono la mansione di autisti. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	57	81.70	0.70	0.53	0.90
Cause naturali (001-799)	47	74.18	0.63	0.47	0.84
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	2	1.08	1.85	0.22	6.67
Tumori maligni (140-208)	27	33.62	0.80	0.53	1.17
Tumori maligni dello stomaco (151)	1	2.23			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	3	3.38	0.89	0.18	2.59
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	4	2.33	1.72	0.47	4.40
Tumori maligni del pancreas (157)	2	1.87	1.07	0.13	3.86
Tumori maligni della laringe (161)	2	0.65	3.07	0.37	11.08
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	7	11.08	0.63	0.25	1.30
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.19			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.18			
Tumori maligni della vescica (188)	1	1.13			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	2	0.97	2.05	0.25	7.41
Tumori maligni della prostata (185)	0	1.16			
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	0	1.35			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	1	2.76			
Malattie neurologiche (330-349)	0	1.27			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	9	23.10	0.39	0.18	0.74
Malattie cardiache (390-429)	4	17.73	0.23	0.06	0.58
Malattie ischemiche (410-414)	3	11.12	0.27	0.06	0.79
Malattie cerebrovascolari (430-438)	3	3.88	0.77	0.16	2.26
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	2.57	1.17	0.24	3.42
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	0.44			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	2	1.26	1.59	0.19	5.73
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	2	4.65	0.43	0.05	1.55
Malattie renali (580-599)	0	0.65			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	8	6.78	1.18	0.51	2.33

Tabella 4. Decessi per causa nella coorte di lavoratori addetti al trattamento di RU (in discarica). Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età e periodo con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 1994 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SMR	INF	SUP
Tutte le cause	8	6.62	1.21	0.52	2.38
Cause naturali (001-799)	4	5.79	0.69	0.19	1.77
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	0	0.09			
Tumori maligni (140-208)	2	2.51	0.80	0.10	2.88
Tumori maligni dello stomaco (151)	0	0.16			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	0	0.25			
Tumori maligni del fegato e dotti biliari (155, 156)	0	0.17			
Tumori maligni del pancreas (157)	0	0.14			
Tumori maligni della laringe (161)	0	0.05			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	2	0.80	2.51	0.30	9.07
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.01			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.02			
Tumori maligni della vescica (188)	0	0.08			
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	0	0.07			
Tumori maligni della prostata (185)	0	0.09			
Tumori maligni del sistema nervoso centrale (191,192,225)	0	0.11			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	0	0.22			
Malattie neurologiche (330-349)	0	0.11			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	1	1.83			
Malattie cardiache (390-429)	0	1.39			
Malattie ischemiche (410-414)	0	0.84			
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1	0.32			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	0	0.21			
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	0.04			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	0	0.10			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	1	0.36			
Malattie renali (580-599)	0	0.05			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	3	0.77	3.91	0.81	11.43

Tabella 5. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori addetti alla raccolta di RU. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SHR	INF	SUP	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	1102	960.38	1.15	1.08	1.22	539	259.48	2.08	1.91	2.26
Cause naturali (001-629, 677-799)	1001	875.69	1.14	1.07	1.22	323	196.06	1.65	1.47	1.84
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	19	28.03	0.68	0.41	1.06	5	4.26	1.17	0.38	2.74
Epatite (070)	6	5.01	1.20	0.44	2.61	2	0.51	3.89	0.47	14.06
Tumori maligni (140-208)	113	132.12	0.86	0.70	1.03	29	21.47	1.35	0.90	1.94
Tumori maligni dello stomaco (151)	4	5.38	0.74	0.20	1.90	2	0.33	6.06	0.73	21.89
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	18	17.18	1.05	0.62	1.66	0	1.34			
Tumori maligni del fegato (155)	6	4.76	1.26	0.46	2.74	0	0.14			
Tumori maligni del pancreas (157)	1	3.43	0.29	0.01	1.62	1	0.26			
Tumori maligni della laringe (161)	3	3.34	0.90	0.19	2.62	0	0.06			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	16	19.17	0.83	0.48	1.36	2	0.91	2.21	0.27	7.97
Tumori maligni della pleura (163)	2	0.54	3.71	0.45	13.41	0	0.02			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	1.03				1	0.15			
Tumori maligni della mammella della donna (174)						11	7.87	1.40	0.70	2.50
Tumori maligni della prostata (185)	14	18.97	0.74	0.40	1.24					
Tumori maligni della vescica (188)	18	16.78	1.07	0.64	1.70	0	0.33			
(189)	2	6.00	0.33	0.04	1.20	0	0.34			
Tumori maligni dell'encefalo (191)	2	3.11	0.64	0.08	2.33	0	0.33			
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	3	4.11	0.73	0.15	2.13	6	3.39	1.77	0.65	3.85
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	7	9.51	0.74	0.30	1.52	0	1.06			
Malattie della tiroide (240-246)	10	11.25	0.89	0.43	1.63	7	8.08	0.87	0.35	1.78
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	24	20.00	1.20	0.77	1.79	8	3.86	2.07	0.89	4.08
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	273	283.52	0.96	0.85	1.08	28	23.06	1.21	0.81	1.75
Malattie cardiache (390-429)	172	194.09	0.89	0.76	1.03	12	10.85	1.11	0.57	1.93
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	98	107.07	0.92	0.74	1.12	2	3.14	0.64	0.08	2.30
Malattie cerebrovascolari (430-438)	57	57.00	1.00	0.76	1.30	1	3.58			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	104	112.98	0.92	0.75	1.12	31	15.87	1.95	1.33	2.77
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	25	31.29	0.80	0.52	1.18	5	3.61	1.38	0.45	3.23
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	18	15.23	1.18	0.70	1.87	3	0.86	3.49	0.72	10.21
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	217	236.05	0.92	0.80	1.05	53	38.65	1.37	1.03	1.79
Cirrosi epatica (5712,5715)	14	11.61	1.21	0.66	2.02	0	0.56			
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	116	120.23	0.96	0.80	1.16	65	53.50	1.21	0.94	1.55
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	13	14.25	0.91	0.49	1.56	1	1.13	0.89	0.02	4.94
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	166	171.55	0.97	0.83	1.13	51	22.41	2.28	1.69	2.99

Tabella 6. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori che svolgono la mansione di autisti. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	438	345.79	1.27	1.15	1.39
Cause naturali (001-629, 677-799)	395	315.26	1.25	1.13	1.38
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	10	10.78	0.93	0.44	1.71
Epatite (070)	0	1.98			
Tumori maligni (140-208)	42	46.34	0.91	0.65	1.23
Tumori maligni dello stomaco (151)	1	1.90			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	4	5.97	0.67	0.18	1.72
Tumori maligni del fegato (155)	3	1.66	1.80	0.37	5.27
Tumori maligni del pancreas (157)	4	1.20	3.32	0.90	8.50
Tumori maligni della laringe (161)	2	1.16	1.72	0.21	6.21
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	4	6.64	0.60	0.16	1.54
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.18			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.37			
Tumori maligni della prostata (185)	5	6.38	0.78	0.25	1.83
Tumori maligni della vescica (188)	2	5.82	0.34	0.04	1.24
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	3	2.12	1.41	0.29	4.13
Tumori maligni dell'encefalo (191)	2	1.11	1.80	0.22	6.49
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	2	1.56	1.28	0.16	4.63
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	2	3.44	0.58	0.07	2.10
Malattie della tiroide (240-246)	6	4.14	1.45	0.53	3.15
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	3	7.37	0.41	0.08	1.19
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	97	101.55	0.96	0.77	1.17
Malattie cardiache (390-429)	66	68.64	0.96	0.74	1.22
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	35	37.42	0.94	0.65	1.30
Malattie cerebrovascolari (430-438)	11	20.17	0.55	0.27	0.98
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	39	41.46	0.94	0.67	1.29
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	12	11.46	1.05	0.54	1.83
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	1	5.39			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	102	85.98	1.19	0.97	1.44
Cirrosi epatica (5712,5715)	2	4.30	0.47	0.06	1.68
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	42	42.85	0.98	0.71	1.33
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	6	5.12	1.17	0.43	2.55
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	60	64.63	0.93	0.71	1.19

Tabella 7. Soggetti ricoverati per causa nella coorte di lavoratori addetti al trattamento di RU (in discarica). Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT) e rapporti standardizzati indiretti di ospedalizzazione (SHR) aggiustati per età con i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95% per causa. Riferimento regione Lazio. Uomini. Periodo 2004 -2009

CAUSA (ICD-9-CM)	OSS	ATT	SHR	INF	SUP
Tutte le cause	37	40.12	0.92	0.65	1.27
Cause naturali (001-629, 677-799)	35	35.07	1.00	0.70	1.39
Malattie infettive e parassitarie (001-139)	2	1.26	1.59	0.19	5.73
Epatite (070)	0	0.25			
Tumori maligni (140-208)	4	3.80	1.05	0.29	2.70
Tumori maligni dello stomaco (151)	0	0.15			
Tumori maligni del colon e del retto (153,154)	0	0.47			
Tumori maligni del fegato (155)	0	0.13			
Tumori maligni del pancreas (157)	0	0.10			
Tumori maligni della laringe (161)	0	0.09			
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni (162)	0	0.51			
Tumori maligni della pleura (163)	0	0.01			
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli (171)	0	0.04			
Tumori maligni della prostata (185)	1	0.45			
Tumori maligni della vescica (188)	2	0.46	4.39	0.53	15.88
Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari (189)	0	0.18			
Tumori maligni dell'encefalo (191)	0	0.10			
Tumori maligni della ghiandola tiroidea (193)	0	0.16			
Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	0	0.32			
Malattie della tiroide (240-246)	0	0.39			
Malattie del sistema nervoso centrale (330-349)	0	0.75			
Malattie del sistema circolatorio (390-459)	11	9.27	1.19	0.59	2.12
Malattie cardiache (390-429)	9	5.94	1.52	0.69	2.88
Malattie ischemiche del cuore (410-414)	4	3.13	1.28	0.35	3.28
Malattie cerebrovascolari (430-438)	1	1.65			
Malattie dell'apparato respiratorio (460-519)	3	4.51	0.66	0.14	1.94
Infezioni acute delle vie respiratorie (460-466, 480-487)	0	1.16			
Malattie polmonari cronico ostruttive (490-492,494,496)	0	0.44			
Malattie dell'apparato digerente (520-579)	5	8.77	0.57	0.19	1.33
Cirrosi epatica (5712,5715)	0	0.38			
Malattie dell'apparato genitourinario (580-629)	2	3.98	0.50	0.06	1.81
Nefrite, sindrome nefrosica e nefrosi (580-589)	1	0.46			
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	3	8.10	0.37	0.08	1.08

APPENDICE ALLO STUDIO

Accertamento dello stato in vita

La coorte iniziale è composta da 6,839 lavoratori, dei quali 4,463 erano ancora in servizio, quindi vivi, alla data di fine *follow-up* (31/12/2009). Per gli altri 2,376 lavoratori è stato necessario accertare lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009) attraverso *linkage* con i principali sistemi informativi disponibili e successivamente attraverso l'invio di lettere ai comuni di residenza. Le procedure seguite (Figura 1) sono così riassumibili:

1. verifica se la residenza disponibile, fornita dai database aziendali, fosse dentro o fuori il Comune di Roma;
2. *linkage* con la prima 'foto dell'anagrafe del Comune di Roma' successiva alla fine del *follow-up*;
3. *linkage* con il registro nominativo delle cause di morte (ReNCaM) della Regione Lazio, per gli anni dal 1994 al 2009;
4. *linkage* con il sistema informativo ospedaliero (SIO) del 2010.

Per 668 lavoratori, per i quali non è stato possibile stabilire lo stato in vita alla data di fine *follow-up* (31/12/2009), se residenti a Roma, è stata effettuata una ricerca manuale sull'anagrafe online (Figura 2).

Per 595 lavoratori, emigrati da Roma prima del 31/12/2009 o residenti fuori comune, sono state inviate lettere ai comuni di residenza (Figura 3).

Alla fine del processo di accertamento dello stato in vita si è stabilito che, dei 6,839 lavoratori della coorte iniziale, 6,529 sono vivi al 31/12/2009, 30 alla data di "ultima volta visto" e 280 sono deceduti (Figura 4).

Figura 1. Accertamento dello stato in vita, I fase

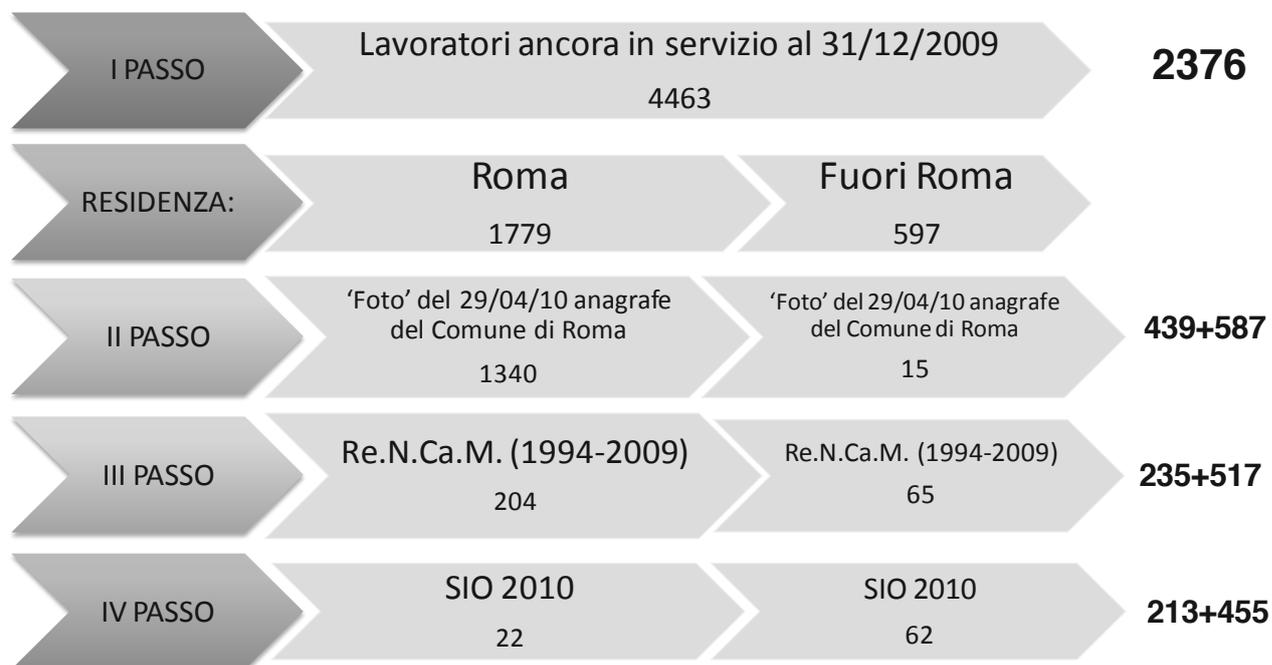


Figura 2. Accertamento dello stato in vita, II fase (1° parte - Ricerca manuale sull'anagrafe online del Comune di Roma)



Figura 3. Accertamento dello stato in vita, II fase (2° parte – Invio di lettere ai comuni di residenza)

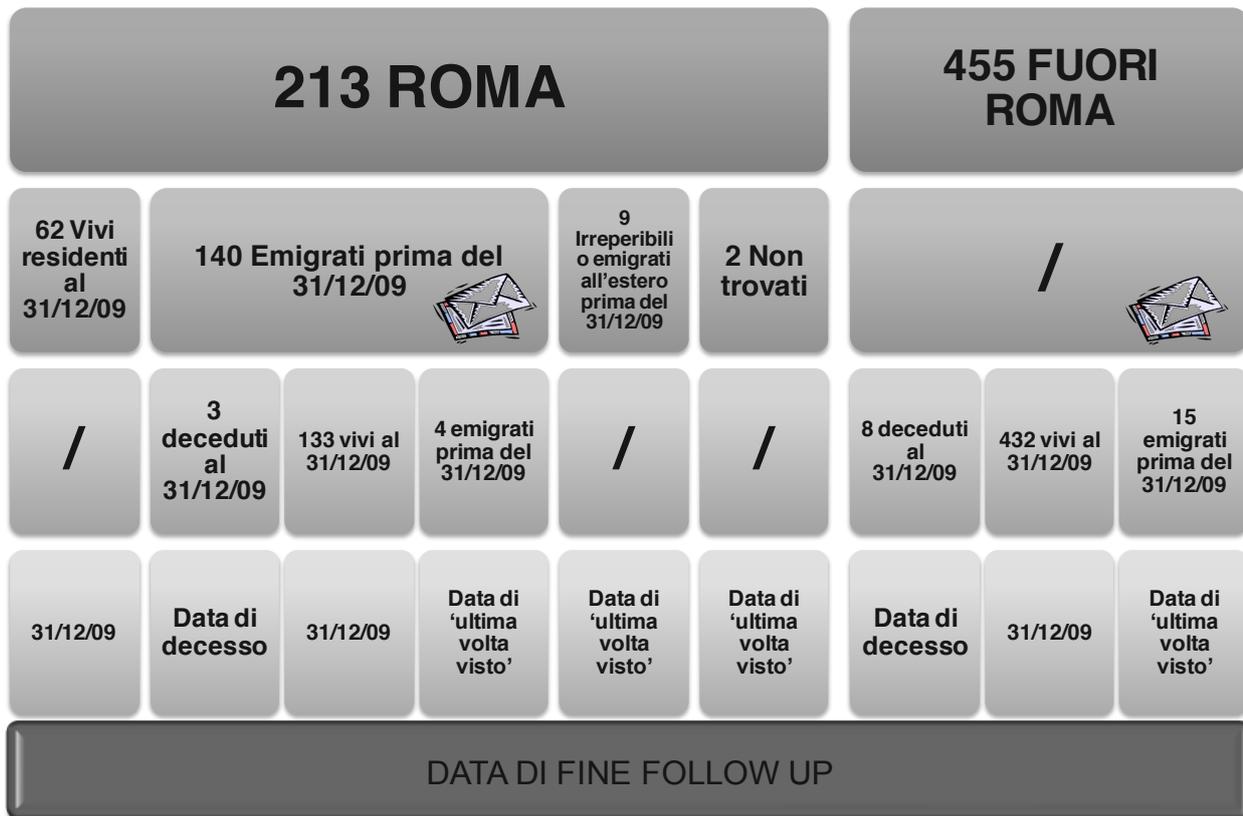
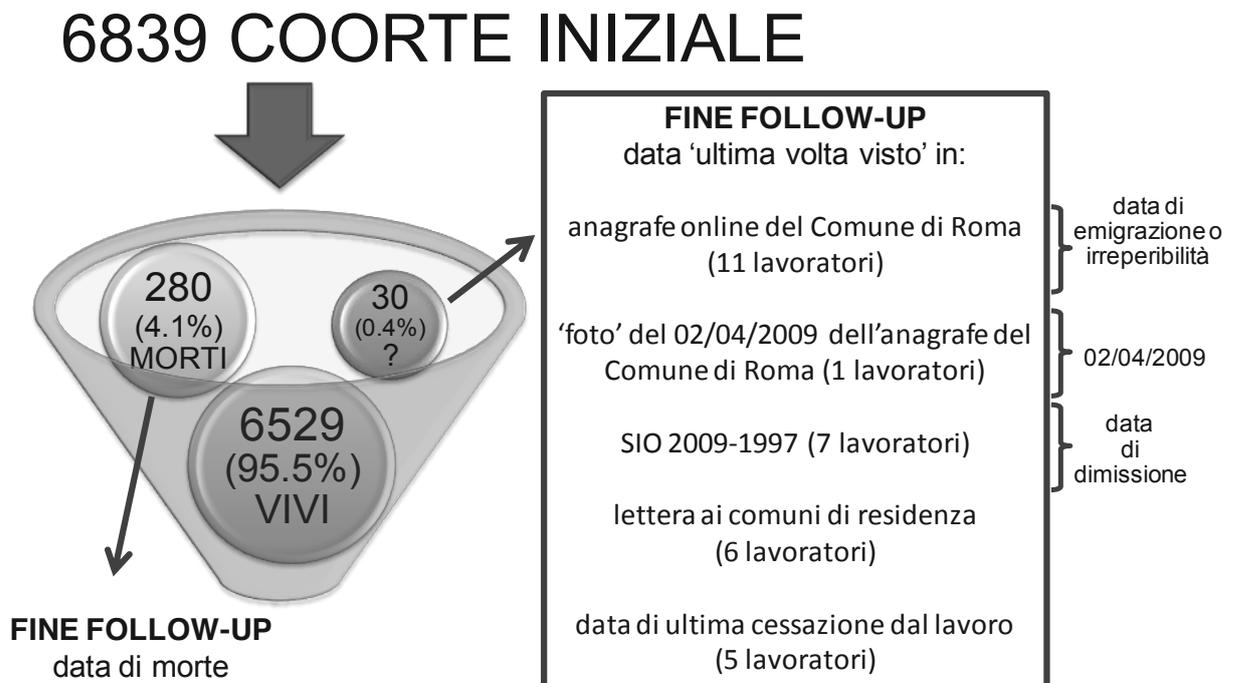


Figura 4. Risultato dell'accertamento dello stato in vita



APPENDICI