

SINTESI E CONCLUSIONI

PREMESSA

La gestione dei rifiuti è un processo complesso, che va dalla formazione alla raccolta, al trasporto, fino alla trasformazione e allo smaltimento. Sono interessati migliaia di lavoratori e popolazioni diverse; i prodotti chimici che si generano durante lo smaltimento possono contaminare l'ambiente e molte sostanze sono tossiche per l'uomo. I risultati degli studi epidemiologici sono però spesso utilizzati in modo strumentale per suffragare tesi diverse, dal momento che il settore dei rifiuti è al centro di forti controversie e interessi economici, spesso di natura contrapposta. Gli impianti di trattamento dei rifiuti sono poi localizzati in un contesto geografico e ambientale particolarmente complesso, in prossimità di centri urbani e industriali, complicando ulteriormente la valutazione del reale contributo di questi impianti sulla qualità dell'aria, del suolo o delle acque e di conseguenza, dei possibili effetti sanitari sulla popolazione interessata – lavoratori e residenti.

Il programma ERAS Lazio è nato proprio dalla consapevolezza che sono ancora inadeguate le prove scientifiche relative agli effetti sulla salute degli impianti di trattamento dei rifiuti, così come non sono ancora esaustive le informazioni relative a qualità e quantità delle sostanze emesse, per tecnologia utilizzata e tipologia dei rifiuti trattati.

Voluto dalla Direzione regionale Energia e Rifiuti, ERAS Lazio è un programma di epidemiologia ambientale, coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale in collaborazione con l'Agenzia regionale di Protezione Ambientale (ARPA) del Lazio. Il programma si è avvalso della collaborazione di ARPA Emilia-Romagna per l'esperienza acquisita nel progetto Monitor (<http://www.arpa.emr.it/monitor/>). Il programma Eras Lazio è stato istituito ai sensi della DGR n. 929/08 e della Legge finanziaria regionale n.31/2008 art.34.

I RIFIUTI NEL LAZIO

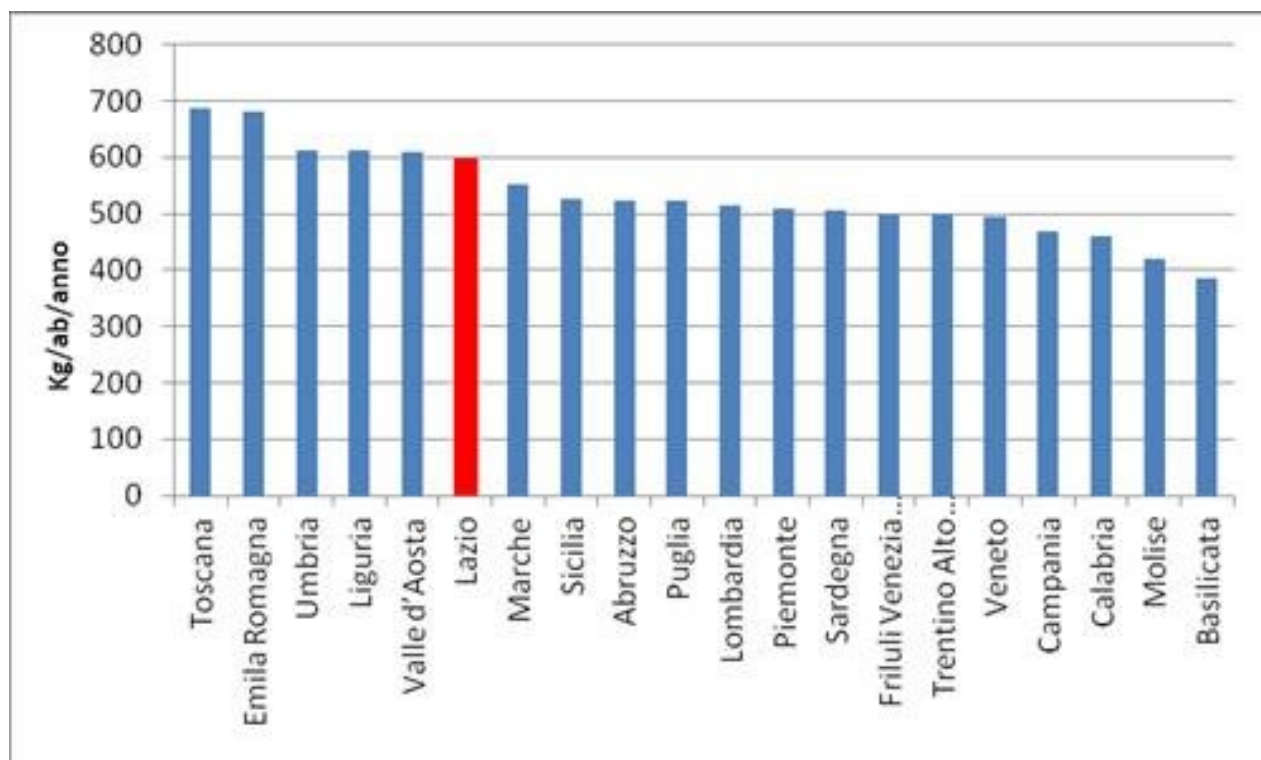
Al 2012 erano presenti sul territorio regionale 10 discariche per rifiuti urbani (9, considerando le due discariche adiacenti di Latina come un'unica struttura), 4 impianti di termovalorizzazione dei rifiuti (collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, due adiacenti nel comune di Colferro e l'ultimo nel comune di Roma, il gassificatore di Malagrotta), e 7 impianti per il trattamento meccanico biologico (TMB), di cui 3 annessi agli impianti di discarica (Figura 1).

Figura 1. Localizzazione geografica degli impianti per il trattamento dei rifiuti urbani nel Lazio



Nel 2008 il Lazio ha prodotto oltre 3,3 milioni di tonnellate di rifiuti urbani, con una produzione pro capite media di 601,7 kg/abitante. Un dato, quest'ultimo, che colloca la Regione tra le prime 5 in Italia per *produzione pro capite* (Figura 2).

Figura 2. Produzione pro capite di rifiuti per regione. Anno 2008



Fonte: ISPRA, Rapporto rifiuti 2009

Quasi il 77% della produzione è concentrata nella provincia di Roma, dove si registra anche il livello più alto di produzione pro capite (648 kg/ab/anno). I dati delle province di Roma e di Latina relativi alla produzione pro capite sono più elevati rispetto al panorama nazionale, collocandosi rispettivamente al 21-esimo e al 28-esimo posto rispetto alle province capoluogo di regione. Le province di Viterbo, Rieti e Frosinone registrano invece valori di produzione pro capite inferiori alla media nazionale.

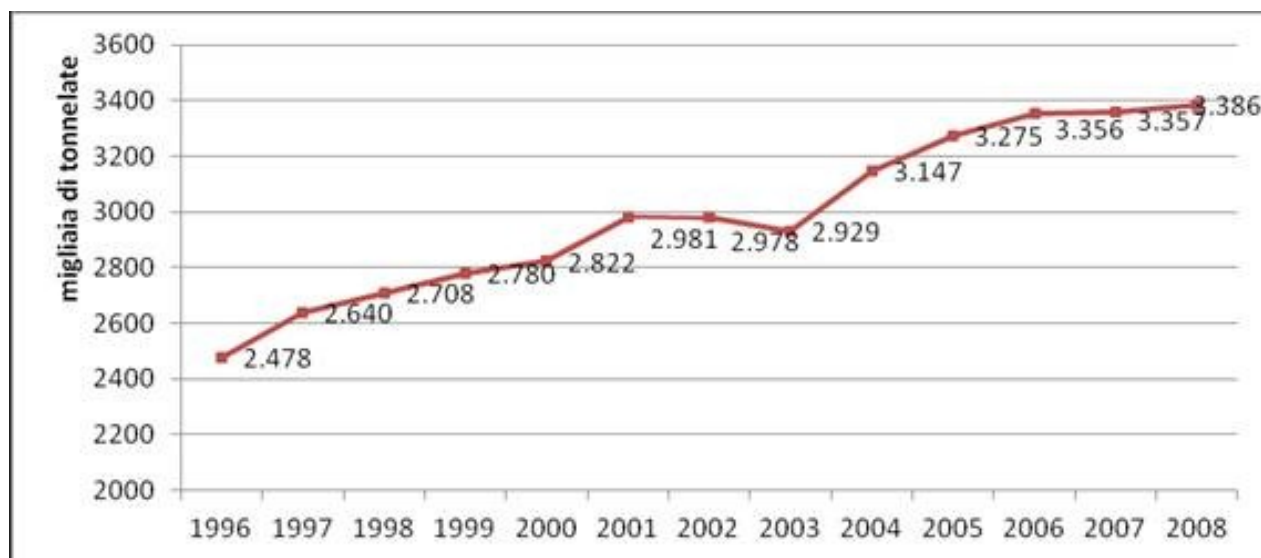
Nel periodo 1996-2008 la produzione di rifiuti nella Regione è passata da 2,5 a 3,3 milioni di tonnellate con un andamento irregolare: mentre nel primo quinquennio si è registrato una crescita media del 3,7 per cento annuo, nel periodo 2002-2003 la produzione di rifiuti urbani è diminuita, per riprendere a crescere nell'anno successivo, seppur a ritmi più contenuti (Tabella 1)

Tabella 1. Produzione di rifiuti. Dati per provincia (Anno 2008)

Provincia	Rifiuti prodotti (t)	Rifiuti prodotti per provincia (%)	Produzione pro capite (kg/ab/anno)
Frosinone	222.987	6,59%	448,7
Latina	317.750	9,38%	495,1
Rieti	79.661	2,35%	501
Roma	2.601.875	76,85%	648,3
Viterbo	163.563	4,83%	518,4
Totale	3.385.837	100,00%	601,7

Fonte: Elaborazione Regione Lazio Det. 376 del 07/08/2010

Figura 3. Andamento della produzione totale rifiuti nel Lazio



Fonte: Elaborazione su dati ISPRA e Regione Lazio

OBIETTIVI DEL PROGRAMMA

Per rispondere in maniera esaustiva alle domande di conoscenza sul tema, il programma ha previsto l'analisi di diversi aspetti del trinomio *rifiuti, ambiente e salute* utilizzando un approccio integrato degli aspetti ambientali ed epidemiologici.

Il rapporto fornisce una risposta ai seguenti obiettivi del programma:

- Sintetizzare le conoscenze scientifiche disponibili sull'argomento;
- Censire le discariche di rifiuti urbani, gli impianti di trattamento meccanico e biologico (TMB), e i termovalorizzatori presenti nella regione Lazio;
- Stimare le emissioni in aria relative a ciascun impianto;
- Caratterizzare la popolazione potenzialmente esposta;

- Valutare gli effetti sulla salute della popolazione esposta agli impianti esistenti;
- Valutare le condizioni di salute dei lavoratori;
- Curare gli aspetti di comunicazione e di pubblicizzazione dei risultati del programma attraverso un sito web dedicato.

IL METODO

Il metodo sviluppato ha previsto l'integrazione di dati ambientali e socio-demografici su base geografica, per la valutazione della esposizione della popolazione residente nelle aree circostanti gli impianti per il trattamento dei rifiuti regionali.

Per ogni impianto sono state create mappe con la relativa localizzazione geografica, compresi i comuni interessati, le *impronte al suolo* delle concentrazioni degli inquinanti emessi dagli impianti stessi (stimate attraverso modelli di dispersione elaborati da ARPA Lazio) e la popolazione residente georeferenziata.

Le analisi dei diversi fattori di impatto ambientale del ciclo rifiuti e delle aree territoriali di riferimento basata sulle serie storiche sono derivate dalle reti di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e delle acque, dalle attività sperimentali di monitoraggio dedicato e dai controlli ambientali degli impianti. Le analisi sono state integrate con la valutazione delle emissioni e dei fattori di pressione dei diversi comparti antropici (traffico, industria) associata alla loro distribuzione spaziale sul territorio.

Si sono svolte quindi le seguenti attività:

- ⇒ Integrazione delle analisi ambientali mediante la conduzione di campagne sperimentali "ad hoc".

Le campagne, svolte con mezzi mobili e centraline rilocabili, hanno interessato l'area di Malagrotta, quella dei termovalorizzatori e quattro aree con presenza di discariche. Sono stati selezionati ambiti territoriali "tipo" (a campione) sui quali condurre campagne di rilevamento contemporaneo di "macroinquinanti" (PM₁₀, NO₂) da confrontare con i trend acquisiti dalla rete fissa. Sono stati anche misurati inquinanti specifici (IPA, Diossine, metalli) per valutare possibili impatti

diretti e indiretti degli impianti oggetto dello studio. Si è così proceduto anche per la necessità, associata alle valutazioni epidemiologiche, di fornire elementi conoscitivi più precisi circa lo stato di qualità ambientale in una finestra temporale (1996-2008) rilevante nella valutazione degli indici di esposizione della popolazione.

⇒ Individuazione mediante catene modellistiche di dispersione degli inquinanti atmosferici specializzate (sistema ARPA Lazio, RAMS-SPRAY) della distribuzione dei livelli di concentrazione medi attorno agli impianti.

Questa distribuzione costituisce, in linea di principio, il "footprint", cioè l'impronta specifica del singolo impianto sul territorio e quindi sulla popolazione potenzialmente esposta. In questo modo è stato possibile costruire un sistema di indicatori che tiene conto dei potenziali impatti derivati dal ciclo dei rifiuti e contemporaneamente di quelli dovuti alle altre sorgenti di inquinamento presenti sul territorio.

Gli studi epidemiologici hanno adottato un approccio di *coorte* retrospettivo. Le popolazioni studiate (coorti) sono rappresentate dagli abitanti dei comuni in prossimità degli impianti. Più precisamente, sono stati considerati i residenti entro un raggio di 5 km dal perimetro dagli impianti, ad eccezione dell'area di Malagrotta per la quale, considerata la complessità del sito, l'area è stata allargata a 7 km. Le coorti sono composte dalle persone residenti nelle aree oggetto dello studio al 1/1/1996 e da tutte quelle successivamente trasferitesi nelle aree fino al 31 dicembre 2003. L'approccio di coorte di popolazione, basato sulla ricostruzione della storia anagrafica di tutti gli individui residenti, il loro successivo follow-up e il computo dei tassi di occorrenza di malattia e di mortalità, è ritenuto in epidemiologia quello in grado di valutare in maniera più valida il nesso causale tra una esposizione e lo stato di salute di una particolare popolazione esposta.

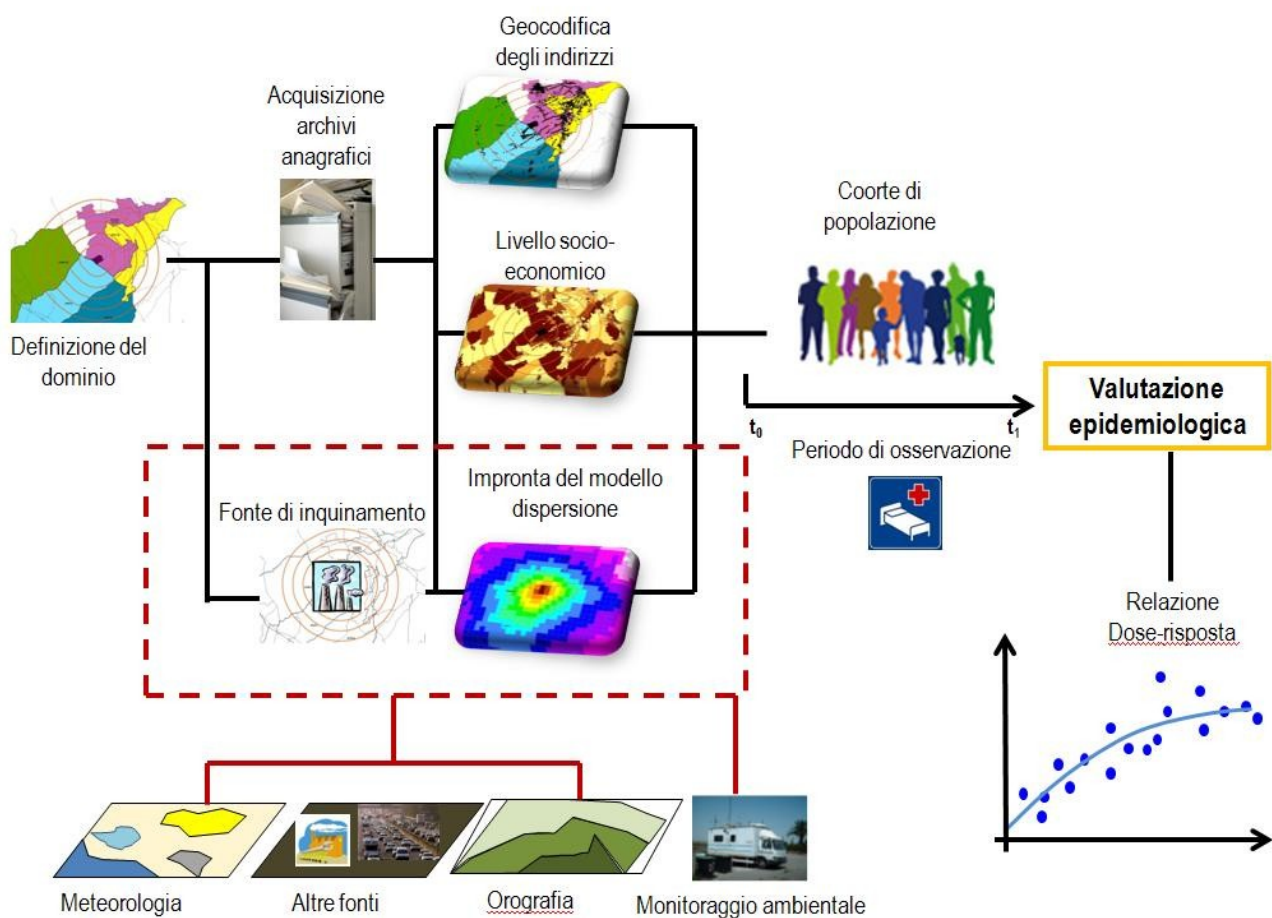
Le caratteristiche di esposizione considerate sono state:

1. la distanza dal perimetro di ogni impianto in studio;
2. la stima della esposizione individuale a concentrazioni degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti (idrogeno solforato (H₂S) per le discariche e polveri fini (PM₁₀) per i termovalorizzatori); nel caso degli impianti di Trattamento Meccanico Biologico è stato considerato in inquinante generico come "tracciante".

Gli esiti sanitari di interesse (relativi al periodo 1996-2010) sono stati accertati con un follow-up individuale, attraverso i sistemi informativi di mortalità e di ricovero ospedaliero.

Nella figura 4 sono schematizzate le diverse fasi della valutazione integrata ambiente-salute ai fini dello studio epidemiologico del programma ERAS.

Figura 4. Schema dello studio epidemiologico – ambiente e salute



La valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente intorno agli impianti ha considerato sia gli effetti a breve termine (esiti della gravidanza, ricoveri ospedalieri per cause respiratorie e cardiovascolari), sia quelli a lungo termine (mortalità, ospedalizzazioni).

La misura di associazione tra gli indicatori di esposizione (distanza e concentrazioni di inquinanti) e mortalità/morbidità per causa specifica è il Rischio Relativo (RR), stimato da modelli logistici o da modello di sopravvivenza di Cox. Il RR è calcolato come rapporto tra due rischi di morire (o contrarre la malattia) ed esprime l'eccesso

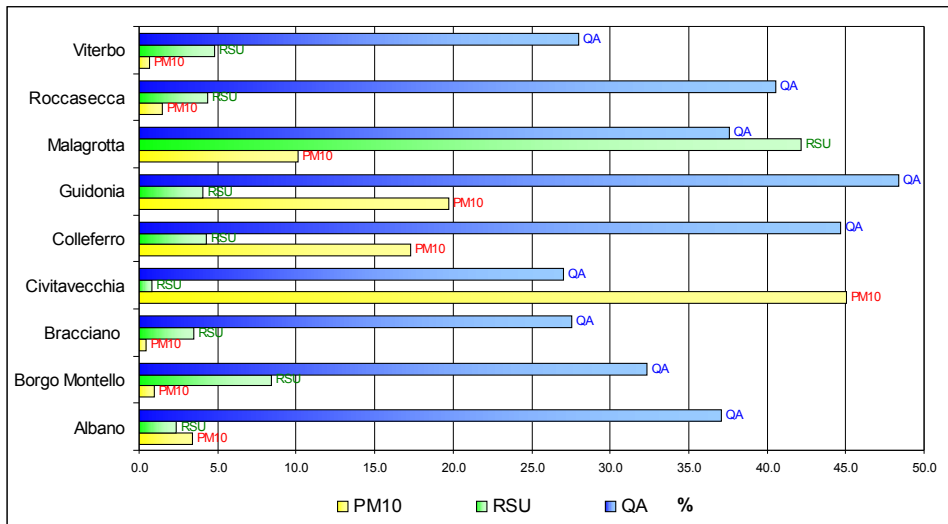
(o il difetto) di rischio del gruppo di interesse rispetto al gruppo di confronto (non esposto). Per esempio, se per il gruppo *A* il RR di mortalità rispetto al gruppo *B* (riferimento) risulta pari a 1.58, si può concludere che i soggetti del gruppo *A* hanno un rischio di morte del 58% superiore a quello del gruppo *B*. Viceversa, se per il gruppo *C* il RR di mortalità è pari a 0.50, i soggetti di questo gruppo hanno un rischio di morte dimezzato rispetto a quello osservato tra i soggetti di riferimento. Le analisi sono state condotte per gli uomini e le donne separatamente e sono stati valutati come possibili fattori di confondimento (e quindi considerati nella analisi statistica) l'età, il periodo di calendario, il livello socio-economico della sezione di censimento corrispondente, l'inquinamento atmosferico di fondo, la residenza in prossimità di strade principali, autostrade e complessi industriali.

RISULTATI

Il Sistema discariche

Il sistema delle discariche dei rifiuti urbani della regione Lazio è costituito da 9 siti distribuiti rispettivamente uno nelle provincie di Viterbo (un impianto), Frosinone (un impianto) e Latina (2 impianti) e i restanti nella provincia di Roma. Tale sistema, data la significativa differenza delle popolazioni servite, si caratterizza per capacità di smaltimento molto differenti a partire dal sito di Civitavecchia con circa 50.000 t/anno in media, a quello di Malagrotta con più di 1.000.000 t/anno. I siti sono caratterizzati da fattori di impatto ambientale (emissioni complessive dell'area e emissioni specifiche da impianti rifiuti) e relative caratteristiche di inquinamento atmosferico significativamente differenti anche rispetto alla popolazione potenzialmente interessata. L'analisi condotta su un areale di riferimento di circa 27 Km² attorno agli impianti viene rappresentata nel grafico successivo (Figura 5).

Figura 5. Confronto tra quantità di rifiuti trattate e indicatori di qualità dell'aria



PM₁₀: emissioni di particolato fine valori normalizzati rispetto al totale degli impianti (%);

QA - qualità dell'aria: livelli di concentrazione media annua di PM₁₀ normalizzati rispetto al limite di legge espresso pari a 50%;

RSU- rifiuti urbani: totale annuo smaltito normalizzato rispetto al totale trattato dagli impianti

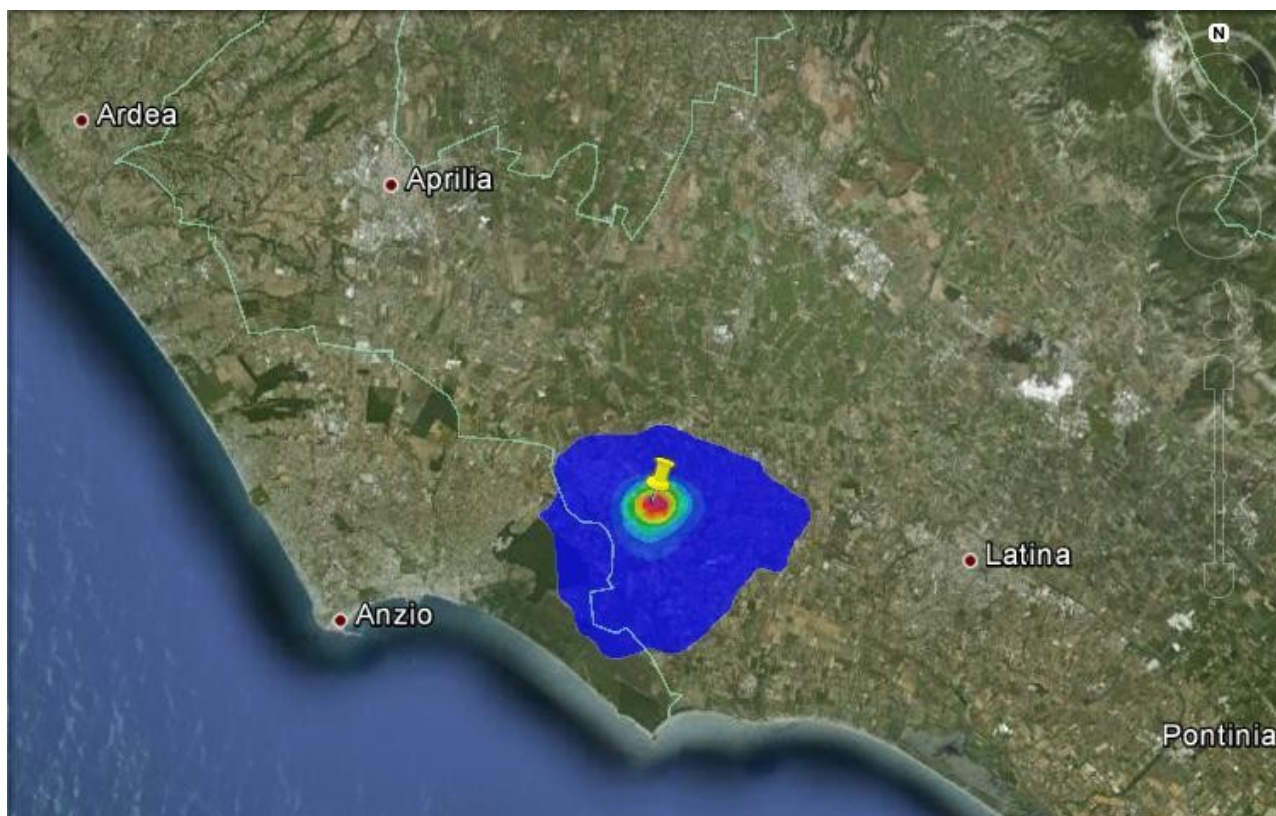
I siti sono caratterizzati da un rapporto tra le quantità di rifiuti smaltiti e i livelli di emissione di inquinanti, dovuti al complesso delle sorgenti antropiche, che varia da 0.02 a Civitavecchia (presenza di impianti di produzione energia) a più di 4 a Malagrotta. Dal punto di vista ambientale, i fattori di pressione che condizionano il potenziale impatto epidemiologico evidenziano uno spettro ampio di situazioni tra la conduzione e la gestione delle discariche e le altre attività presenti sul territorio. Dall'analisi del grafico si può osservare che il complesso dei 9 siti, dal punto di vista dei fattori di pressione, è caratterizzato in 2 gruppi principali, il primo identificato dalla presenza di un'importante componente di emissioni industriali e da traffico (Malagrotta, Colleferro, Civitavecchia e Guidonia) e il secondo dove la presenza delle discariche è associata a fattori di pressione tipici di aree a vocazione urbanistica mista. Utilizzando gli indici di qualità dell'aria, come fattori di supporto alle valutazioni epidemiologiche, si osserva che nei siti indagati, per quanto riguarda il PM₁₀, i valori stimati per via modellistica presentano un rapporto rispetto al limite di legge che varia tra il 25% (es. Civitavecchia) ed il 95% (es. Colleferro).

Le indagini sperimentali condotte attraverso la rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e le campagne dedicate mettono in evidenza (Figura 6) che i livelli di concentrazione di PM_{10} - NO_2 registrati negli areali degli impianti sono generalmente caratteristici di aree a vocazione urbanistica mista in aree limitrofe ai centri urbani e quindi con livelli di concentrazione generalmente inferiori alle stazioni urbane/traffico. È importante sottolineare che queste analisi condotte con riferimento al periodo 2008-2011 devono essere lette in relazione al periodo di riferimento dell'indagine epidemiologica (1996-2008) nel quale la rete regionale ha registrato valori di concentrazione mediamente superiori di circa il 22% ed il 13% rispettivamente per il PM_{10} e per l' NO_2 calcolati sull'intero territorio regionale. La valutazione complessiva del sistema ambientale ed epidemiologico ha quindi tenuto in considerazione questi elementi di variabilità e di trend temporale dell'evoluzione dell'inquinamento ambientale.

Figura 6. Distribuzione dei livelli medi di concentrazione di PM_{10} e NO_2 rilevati dalla rete regionale e dalla campagne sperimentali (2008-2011)

Il potenziale impatto "epidemiologico" degli impianti è stato analizzato mediante la costruzione della loro "impronta" (footprint) sul territorio stimata mediante la valutazione modellistica dei livelli medi annui di concentrazione di idrogeno solforato (utilizzato come tracciante delle discariche) (si veda Figura 7 come esempio). L'impronta delle discariche valutata in correlazione con quella relativa alla modellizzazione di tutte le altre sorgenti antropiche, ha permesso di costruire un quadro di riferimento rispetto alla popolazione potenzialmente esposta. In questo modo si è analizzato e valorizzato il differente spettro di emissione degli impianti rifiuti (debole emissione di PM_{10} e NO_x e emissioni di H_2S e composti organici) rispetto alle sorgenti di tipo traffico e/o industriale da combustione.

Figura 7. Impronta della discarica di Borgo Montello (LT). Concentrazioni di H_2S stimate dal modello di dispersione



Lo studio epidemiologico di coloro che risiedono entro i cinque km dagli impianti di discarica del Lazio ha coinvolto 242.409 soggetti, dei quali 26.662 (11%) residenti entro 2 km dai siti. I confronti di mortalità interni alla coorte per valutare l'effetto della distanza e della concentrazione di Idrogeno solforato (H_2S), considerato tracciante dell'impatto degli impianti, non hanno mostrato variazioni di eccessivo rilievo. Alcuni effetti sanitari, tuttavia, sono stati riscontrati analizzando le ospedalizzazioni. Tra gli uomini residenti in zone a più alte concentrazioni di H_2S risultano livelli di ospedalizzazione più elevati per malattie del sistema respiratorio (+26%) e tumore della vescica (+59%) rispetto a coloro che risiedono in aree a basso impatto potenziale. Tra le donne più esposte si sono osservati livelli ospedalizzazione più elevati per asma (+62%) e malattie del sistema urinario (+27%).

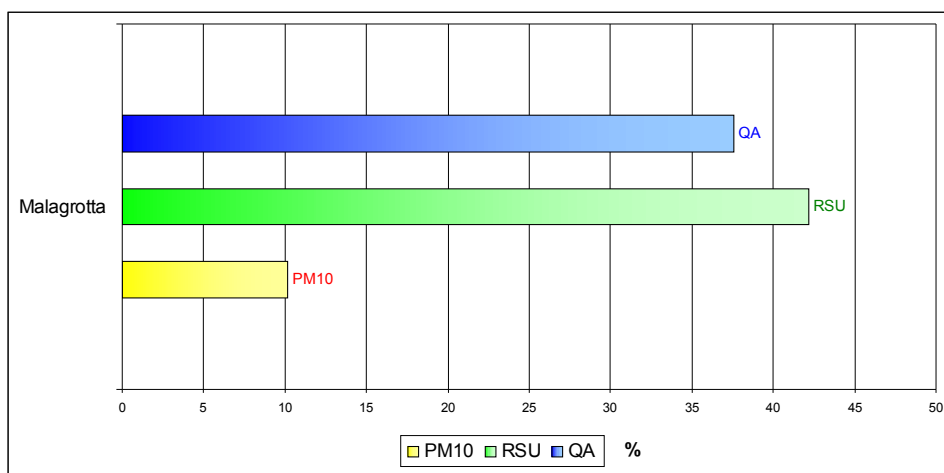
Un caso specifico: Area complessa Malagrotta

Il territorio di Malagrotta è caratterizzato da un'elevata concentrazione di impianti industriali, quali la raffineria di Roma, il gassificatore, l'impianto di incenerimento dei rifiuti ospedalieri dell'AMA, e il "complesso impiantistico di Malagrotta" che è costituito da un impianto di discarica per rifiuti urbani al quale sono connessi due impianti per il

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti, denominati rispettivamente Malagrotta 1 e Malagrotta 2, e cave per l'estrazione di materiali da costruzione.

L'analisi ambientale, finalizzata alle valutazioni epidemiologiche, indica che l'area è caratterizzata da livelli di emissione di PM₁₀ pari a circa il 10% delle emissioni totali dei siti di discarica del Lazio a fronte di una percentuale di rifiuti trattati di circa 45%.

Figura 8. Confronto livelli di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria



PM₁₀: emissioni di particolato fine con valori normalizzati rispetto al totale degli impianti (%);

QA - qualità dell'aria: livelli di concentrazione media annua di PM₁₀ normalizzati rispetto al limite di legge espresso pari a 50%;

RSU- rifiuti urbani: totale annuo smaltito normalizzato rispetto al totale trattato dagli impianti

Oltre alla presenza di strutture industriali, l'area di Malagrotta si caratterizza per una significativa presenza di rilevanti arterie da traffico. Mediamente nell'arco temporale di riferimento 1996-2008 si sono registrati livelli di emissione medi annui di ossidi di azoto e di ossidi di zolfo rispettivamente pari a circa il 3% e il 28% delle emissioni stimate sull'intero comune di Roma. La significativa incidenza delle emissioni di ossidi di zolfo è da mettere in relazione alle emissioni industriali presenti nell'area e alla contemporanea riduzione delle emissioni sull'intero comune di Roma dovuta alle politiche di contenimento promosse nell'arco degli ultimi 15 anni. Nell'area quindi insistono sorgenti di emissione con profili caratteristici fortemente differenziati sia nelle quantità annue che per tipologia di inquinante emesso (NO_x e PM₁₀

prevalentemente da sorgenti di combustione e traffico, composti organici con profili specifici per ogni tipologia di impianto).

L'analisi degli indici di qualità dell'aria, valutati sia attraverso stime modellistiche che per mezzo di misure sperimentali, indica un livello di concentrazione medio annuo di PM_{10} e di NO_2 pari a circa il 75% del limite previsto dalla normativa vigente. Il confronto con le diverse tipologie di aree del comune di Roma mostra che l'area di Malagrotta presenta valori massimi di NO_2 e PM_{10} inferiori a quelli di zona a forte traffico urbano e valori minimi superiori a quelli registrati in aree residenziali e rurali.

Un ulteriore elemento che caratterizza il potenziale impatto delle aree a elevata complessità come Malagrotta è l'analisi della distribuzione dei livelli di concentrazione in aria di microinquinanti (metalli e idrocarburi policiclici aromatici) in rapporto alle concentrazioni di PM_{10} . Tale indice ha un valore massimo pari a circa 3 per l'area di Malagrotta, da confrontare con un valore di circa 2.5 per le aree prevalentemente residenziali e caratterizzate da traffico (es. Tiburtina, Corso Francia).

A supporto dell'indagine epidemiologica sono state stimate le impronte relative agli impianti presenti nell'area al fine di fornire elementi per la discriminazione dei potenziali percorsi d'impatto sulla popolazione residente. In particolare, sono stati realizzati modelli di dispersione per quanto riguarda la raffineria (SO_x) e l'inceneritore di rifiuti ospedalieri (PM_{10}) e di H_2S per l'impianto di discarica.

Lo studio epidemiologico ha messo in evidenza tra le 85.559 persone residenti entro 7 km dalla discarica di Malagrotta, un quadro di mortalità tra le persone più esposte in gran parte paragonabile con quello osservato nella popolazione di riferimento. Fanno eccezione le patologie del sistema circolatorio (donne) e dell'apparato respiratorio (uomini) che sono aumentate tra i residenti nell'area più prossima agli impianti. Per le patologie tumorali, si osserva tra le donne un eccesso di tumore della laringe e della mammella nelle zone più prossime. Rispetto a coloro che abitano lontano dagli impianti dell'area, i residenti più prossimi ricorrono più frequentemente alle cure ospedaliere, in particolare per malattie circolatorie, urinarie e dell'apparato digerente.

Per quanto riguarda i risultati relativi alla valutazione dell'impatto potenziale definito dall'impronta dei diversi impianti, si è riscontrata nelle donne più esposte ad H_2S (impronta discarica) e SO_x (impronta raffineria) una maggiore frequenza (circa il 35%

in più rispetto al riferimento) di tumori della laringe e della vescica. Limitatamente ai ricoveri, si è osservata un'associazione tra H₂S e malattie del sistema circolatorio (donne). L'SO_x (impronta raffineria) è risultato associato a malattie dell'apparato respiratorio (uomini) e a tumore della laringe tra le donne. L'esposizione a PM₁₀ (impronta inceneritore) è risultata associata prevalentemente a patologie dell'apparato respiratorio, a tumore del pancreas (uomini), a tumore della laringe, del fegato e della mammella (donne).

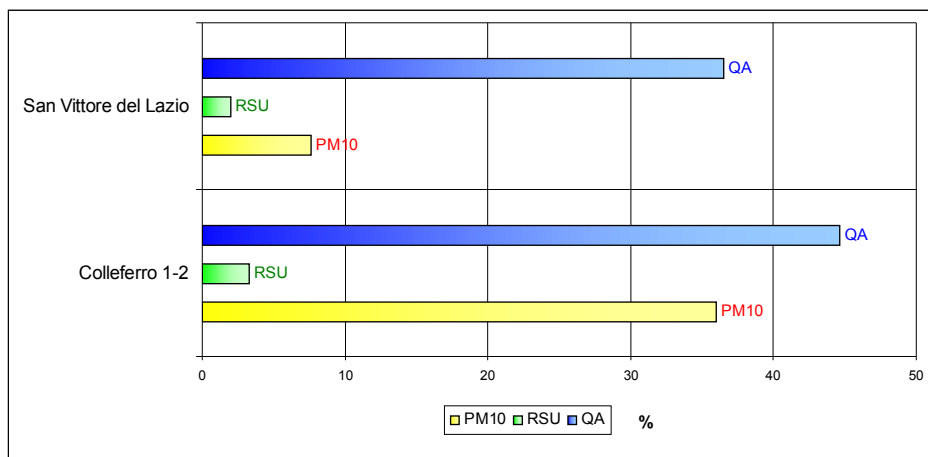
Alcune delle associazioni emerse, considerando la distanza dagli impianti o la concentrazione stimata degli inquinanti scelti come traccianti (H₂S, SO_x e PM₁₀), sono basate su pochi casi ma sono coerenti per le diverse analisi effettuate (mortalità e ricoveri) e sono potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto nei passati decenni dagli impianti industriali presenti nell'area. Tuttavia, poiché l'interazione e quindi l'impronta dei diversi impianti presenti nell'area è complessa, l'impatto epidemiologico "fotografa" la sovrapposizione di effetti variamente stratificati nell'arco del decennio di riferimento ed è quindi molto difficile determinare quali sono le emissioni (e di conseguenza gli impianti) che sono maggiormente responsabili degli effetti riscontrati.

Termovalorizzatori

Come indicato, nel Lazio sono attivi quattro impianti di termovalorizzazione dei rifiuti, collocati uno nel comune di San Vittore del Lazio, due nel comune di Colleferro (adiacenti) e l'ultimo nel comune di Roma (gassificatore). Il gassificatore non è stato considerato nello studio complessivo in quanto la sua entrata in esercizio è molto recente ed è posteriore alla finestra di riferimento temporale oggetto di studio.

I due areali interessati dagli impianti, sono soggetti a fattori di pressione molto differenti. L'area di Colleferro, al contrario di San Vittore, è interessata dalla presenza di impianti industriali di qualche rilevanza e comunque dalla vicinanza di infrastrutture di trasporto significative. Le quantità di rifiuti smaltiti sono del tutto paragonabili per i due siti mentre il carico emissivo, in termini di PM₁₀, è sostanzialmente differente, come si osserva nella Figura 9.

Figura 9. Confronto quantità di rifiuti trattati e indicatori di qualità dell'aria



PM₁₀: emissioni di particolato fine valori normalizzati rispetto al totale degli impianti (%);

QA - qualità dell'aria: livelli di concentrazione media annua di PM₁₀ normalizzati rispetto al limite di legge espresso pari a 50%;

RSU- rifiuti urbani: totale annuo smaltito normalizzato rispetto al totale trattato dagli impianti

La valutazione degli indici di qualità dell'aria stimata, sia per via modellistica sia dal punto di vista sperimentale (vedi Figura 9) mette in evidenza come l'areale di Colleferro sia sostanzialmente in condizione di maggiore criticità rispetto a quello di San Vittore del Lazio. A questo livello di criticità concorre anche la posizione geografica dell'area di Colleferro che soffre di condizioni meteo-climatiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti e quindi al loro accumulo nei bassi strati dell'atmosfera.

Figura 10. Confronto tra le medie annuali delle centraline regionali della provincia di Roma e di Frosinone (2008-2010) e le medie finali delle campagne sperimentali

Analogamente a quanto si è osservato per l'area di Malagrotta, anche i siti dei termovalorizzatori sono caratterizzati da un rapporto tra microinquinanti in aria e concentrazione di PM_{10} riferibile a zone a vocazione industriale e con importanti infrastrutture di trasporto.

Il potenziale impatto "epidemiologico" degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani è stato analizzato mediante la elaborazione della loro "impronta" (footprint) – sul territorio stimata mediante la valutazione modellistica dei livelli medi annui di concentrazione di PM_{10} (Figura 11).

Figura 11. Impronta del termovalorizzatore di Colleferro. Concentrazioni di PM_{10} stimate dal modello di dispersione



L'impronta dei termovalorizzatori, valutata in correlazione con quella relativa alla modellizzazione di tutte le altre sorgenti antropiche presenti sulle aree, ha permesso di costruire un quadro di riferimento rispetto alla popolazione potenzialmente esposta.

Lo studio epidemiologico effettuato sui residenti nei pressi dei termovalorizzatori di Colleferro e San Vittore ha preso in considerazione solo il ricorso alle cure ospedaliere della popolazione. Entrambi gli impianti infatti sono relativamente recenti, essendo in attività dalla fine del 2002. Lo studio ha considerato i tassi di ospedalizzazione per causa dei residenti, nel periodo 1996-2010, potenzialmente dovuti al contributo aggiuntivo all'inquinamento ambientale delle emissioni dei termovalorizzatori (PM₁₀ impronta impianti), confrontando la frequenza relativa di ospedalizzazioni nei periodi pre e post termovalorizzatori. Sono stati arruolati 47.192 residenti tra il 1996 e il 2008. L'analisi della morbosità associata all'inquinamento prodotto dai termovalorizzatori dopo la loro entrata in funzione ha evidenziato, per i residenti di sesso maschile nelle zone ad alta esposizione, un eccesso di ospedalizzazioni per malattie dell'apparato respiratorio (+26%) e malattie polmonari cronico ostruttive (+86%). Tra i bambini (0-14 anni) si osserva un aumento dei ricoveri per cause naturali e malattie dell'apparato respiratorio a seguito della attivazione degli impianti nella zona ad alta concentrazione di PM₁₀.

Lo studio sugli esiti della gravidanza delle donne residenti nei pressi dei termovalorizzatori ha considerato come esiti principali la gemellarità, il rapporto tra sessi, la frequenza di nati pretermine (con età gestazionale < 37 settimane, esclusi i gemelli), il basso peso alla nascita (nati a termine con peso <2500gr), il basso peso alla nascita tra i nati a termine (nati a termine con peso <2500gr, esclusi i gemelli ed i nati pretermine) e i piccoli per età gestazionale (neonati di peso in grammi inferiore o uguale al 10° percentile previsto per la settimana di gravidanza e per il sesso del neonato). Per nessuno degli esiti sanitari sono state evidenziate differenze tra i bambini nati da mamme residenti nelle aree a più elevata concentrazione di inquinanti emessi dai termovalorizzatori rispetto ai bambini nati da mamme residenti nelle zone di riferimento.

Impianti per il Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti

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.

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 Rocca Cencia e Roma Salaria (Comune di 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 tracciante generico proveniente da un impianto di TMB, stimata attraverso un modello di dispersione. È stata valutata l'associazione tra l'indicatore di esposizione e l'accesso alle cure ospedaliere per tutte le cause, malattie dell'apparato cardiovascolare e respiratorie 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. 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). Si è evidenziata una associazione tra stato socio economico più svantaggiato e residenza in aree ad alta concentrazione degli inquinanti emessi dai TMB (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). I rischi di ospedalizzazione generale della popolazione esposta a più alti livelli dell'inquinante generico non differiscono da quelli della popolazione non esposta. Anche per le malattie dell'apparato circolatorio e respiratorio non si è riscontrata alcuna associazione tra l'esposizione in studio e il ricorso ai ricoveri ospedalieri.

Lavoratori del settore rifiuti

Oltre alla valutazione della popolazione residente, sono state studiate le condizioni di salute dei lavoratori nel settore della raccolta e del trattamento dei rifiuti. È stata arruolata una coorte composta dai 6839 (18.6% donne) lavoratori in servizio al Aprile 2013

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. Sono stati calcolati i rapporti standardizzati di mortalità (SMR) e di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per età, specifici per causa e genere.

Lo studio non ha evidenziato particolari effetti sulla mortalità tra i lavoratori di entrambi i sessi. Tra le lavoratrici sono stati osservati eccessi di morbosità per cause respiratorie, gastrointestinali e per traumatismi.

La tabella 2 sintetizza i risultati delle valutazioni epidemiologiche condotte.

Tabella 2. Quadro riassuntivo dei risultati delle valutazioni epidemiologiche condotte

RISULTATI ERAS LAZIO

Esiti	Decoriche	Termovalorizzatori	Caso studio Magrota	Trattamento meccanico-biologico	Studio lavoratori
Mortalità	Tumore colon retto (M) Tumore vescica (F) Tumore pleura (M) Mlema (M) Malattie apparato respiratorio (M) BPO (M)	Non sono in studio effetti a lungo termine. Gli impianti sono in funzione dal 2003.	Tumore laringe (F) Tumore mammella (F) Malattie apparato respiratorio (M) Malattie ischemiche del cuore (F)	Non sono in studio effetti a lungo termine. Gli impianti sono in funzione dal 2006-2008.	Nessuna differenza tra esposti e non esposti
Opere di manutenzione	Tumore vescica (M) Tumore pancreas (F) Malattie sistema circolatorio (M) Malattie cardiache Malattie cerebrovascolari Malattie apparato respiratorio (M) Inf acute vie respiratorie (M) BPO Fma (F) Malattie apparato urinario Disturbi/gliandole tiroidee (F)	Malattie apparato respiratorio (M) BPO (M)	Malattie apparato respiratorio (M) BPO (M) Malattie apparato digerente (F)	Nessuna differenza tra esposti e non esposti	Malattie apparato respiratorio (F) Malattie apparato digerente (F) Intossicazioni avvelenamenti (F)
Esiti riproduttivi	Nessuna differenza tra esposti e non esposti	Nessuna differenza tra esposti e non esposti	/	/	/

** Certe totale e certe di bambini

CONCLUSIONI

Pur con i limiti dovuti alla complessità delle aree e delle esposizioni considerate, lo studio ERAS Lazio ha delineato un quadro dei potenziali effetti sanitari nelle popolazioni esposte agli impianti di smaltimento dei rifiuti. In generale, l'indagine non ha trovato particolari scostamenti nella mortalità totale rispetto ad altre aree non interessate da impianti di questo genere. Tuttavia ha messo in luce alcune criticità nei tassi di ospedalizzazione e le associazioni emerse nei diversi studi sono potenzialmente attribuibili all'inquinamento prodotto dagli impianti per il trattamento dei rifiuti nei decenni passati.

L'integrazione delle competenze ambientali e sanitarie è risultata determinante nella valutazione dell'impatto del ciclo di gestione dei rifiuti urbani per la complessità del contesto territoriale in cui sono localizzati gli impianti. Si tratta di contesti anche fortemente urbanizzati e/o con la presenza di altre sorgenti (rete stradale, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico) di inquinamento che hanno reso necessaria l'applicazione di sofisticati modelli di dispersione degli inquinanti per la caratterizzazione della popolazione potenzialmente coinvolta.

In effetti, l'analisi ambientale riferita alle reti di monitoraggio, ai sistemi sperimentali evoluti e alle tecniche modellistiche di valutazione degli impatti è stata in grado di supportare l'indagine epidemiologica su archi temporali presenti e passati, garantendo una maggiore accuratezza per le aree di indagine e gli elementi discriminanti delle diverse forme di contaminazione. L'approccio integrato ha reso disponibili informazioni utili a valutare l'impatto ambientale e sanitario del ciclo dei rifiuti urbani, a definire piani di monitoraggio e controllo finalizzati ad approfondire gli aspetti critici e ad indagare nuovi potenziali impatti, a disporre di dati scientifici in grado di fornire informazioni tecnicamente valide ai cittadini.

ERAS Lazio ha coniugato una metodologia scientifica rigorosa e un livello di comunicazione accessibile ai cittadini. Un sito Internet dedicato al progetto (www.eraslazio.it) costituisce il veicolo fondamentale della comunicazione, necessario per la complessità del tema e la ricchezza quantitativa dei dati da rendere pubblici.

Sono tuttavia da considerare alcuni aspetti critici. Lo studio ha considerato con molta attenzione la *matrice aria*, ma non si può escludere un inquinamento a carico delle matrici *acqua e suolo* che per via alimentare può comunque arrivare all'uomo. Le concentrazioni di inquinanti stimati presso la residenza delle persone possono non rappresentare adeguatamente la reale esposizione, perché le persone non sono sempre nella loro abitazione, e questo studio non include tutte le informazioni riguardanti le attività quotidiane e il lavoro degli individui della coorte. Non è stato possibile controllare per i fattori di rischio individuali: il fumo di sigarette, l'alcol, l'attività fisica e l'obesità. Tuttavia è importante osservare che molte delle abitudini personali elencate sono associate allo stato sociale. È ragionevole dunque ritenere che la correzione effettuata nell'analisi statistica per gli indicatori di istruzione e di stato socio-economico abbia anche contribuito a tener conto delle variabili individuali non misurabili sperimentalmente.

Il programma ERAS Lazio ha le potenzialità per proseguire le proprie attività con campagne di misura e di biomonitoraggio per l'accertamento dell'esposizione e della contaminazione umana e per una valutazione integrata di diversi scenari dell'impatto sull'ambiente e sulla salute dal ciclo dei rifiuti

nella regione Lazio al 2016 secondo tecniche di Integrated Environmental and Health Assessment (IEHIA - www.integrated-assessment.eu).