

BOSVALLE

**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA
riguardante i RESIDENTI nelle AREE CIRCOSTANTI
l'impianto di TRATTAMENTO dei RIFIUTI SOLIDI URBANI del**



EXECUTIVE SUMMARY

B

EXECUTIVE SUMMARY

INTRODUZIONE

Il tema dello smaltimento dei rifiuti è critico nelle società avanzate, caratterizzate da consumi elevati e produzioni crescenti, e la gestione dei rifiuti è in generale un'attività che può presentare criticità e problematiche di natura ecologica, tossicologica e di compatibilità con lo sviluppo dei territori, e che rimane oggetto di valutazioni anche sotto il profilo della sicurezza e della tutela della salute pubblica.

Nel territorio comunale di Tolentino, dove, nel periodo compreso tra il 1997 e il 2013, è stato operativo l'impianto consortile di smaltimento tramite incenerimento di rifiuti solidi urbani (RSU) del COSMARI (ora COSMARI S.r.l.), sono state raccolte dal Cosmari stesso, dall'Amministrazione Provinciale di Macerata e dai comuni più prossimi all'impianto, istanze provenienti dalla popolazione e volte alla conoscenza dei rischi per la salute connessi alle potenziali esposizioni dannose derivanti dall'attività dell'inceneritore; è stata conseguentemente avanzata apposita richiesta agli organismi ambientali e sanitari di competenza, di uno studio epidemiologico per valutare lo stato di salute dei residenti nelle zone limitrofe all'inceneritore.

La sede legale ed operativa del Cosmari è a Tolentino, in Località Piane di Chienti, ed occupa una superficie di circa 80.000 mq; l'impianto è posto in adiacenza al confine del comune di Pollenza (separato dal fiume Chienti), a 1.700 mt dal confine del comune di Urbisaglia, a 2.650 mt dal confine del comune di Corridonia e a 2.700 mt dal confine del comune di Macerata. La zona è caratterizzata dalla presenza di un territorio collinare piuttosto variegato, anche se non sono presenti dislivelli orografici particolarmente

accentuati, dove, nel raggio di 4 km dal centro dell'impianto, insistono i centri abitati di:

- Pollenza Scalo (1,40 km circa), comune di Pollenza;
- Casette Verdini (2 km circa), comune di Pollenza;
- Sforzacosta (1,8 km circa), comune di Macerata;
- Passo del Bidollo (2,9 km circa), comune di Corridonia;
- Trebbio (3 km circa), comune di Pollenza;
- Contrada Maestà (3,6 km circa), comune di Tolentino.

Nella zona esistono altre fonti di inquinamento che contribuiscono ad aumentare la pressione ambientale sull'area; la principale è rappresentata dalla superstrada SS 77 che percorre tutta la vallata in senso est-ovest e che dista 290 metri circa dal centro dell'impianto, a sud dello stesso.

Circa 800 metri a nord è presente anche la SP 48 - Val di Chienti, per lunghi tratti parallela alla superstrada, che è giornalmente percorsa da una quantità non trascurabile di automezzi. In generale, le preoccupazioni delle popolazioni locali sono influenzate dal fatto che le evidenze scientifiche relative agli effetti sulla salute degli impianti di incenerimento di rifiuti, in parte per le diverse tecnologie sviluppate e utilizzate dai vari impianti nel corso degli anni e per la differente tipologia dei rifiuti trattati, non sempre risultano concordi ed esaustive.

Le emissioni attribuibili agli impianti di incenerimento constano sostanzialmente di composti che determinano una pressione ambientale di complessa valutazione in ambito epidemiologico, poiché le sostanze emesse dipendono sostanzialmente dalla natura e composizione chimica dei rifiuti trattati, dalle condizioni e dalle tecnologie di trattamento, nonché dalla modalità e operatività dei sistemi di abbattimento degli inquinanti.

Accanto alla stima dell'esposizione derivante dalle emissioni dell'impianto, gli studi non possono inoltre trascurare di tener conto delle

ulteriori pressioni ambientali presenti sul territorio, per lo più riconducibili alle emissioni provenienti da altre attività produttive insistenti sull'area, alla presenza di impianti di riscaldamento civile, all'impatto sull'ambiente delle attività agricole e, come in questo caso, alla compresenza di infrastrutture viarie spesso intensamente trafficate.

Sebbene esistano numerosi studi e siano stati pubblicati importanti rapporti e revisioni della letteratura scientifica, sia nazionali che internazionali, sui possibili effetti sulla salute in relazione alla vicinanza agli inceneritori per rifiuti solidi urbani, allo stato delle attuali conoscenze non sussistono evidenze epidemiologiche che possano ritenersi conclusive e, in definitiva, tali da fornire risposte chiare e univoche.

La maggior parte degli studi presenti in letteratura, inoltre, risente della ridotta numerosità delle popolazioni osservate, di un'inadeguata attribuzione delle esposizioni, di una finestra temporale spesso insufficiente a valutare il periodo di latenza della malattia e dell'impossibilità di controllare appieno i fattori di confondimento; a ciò si aggiunge il fatto che le attuali conoscenze scientifiche riguardano prevalentemente impianti di incenerimento di RSU attivi nel passato, molto diversi tecnologicamente da quelli attuali.

Nel caso presente, per valutare la distribuzione nell'ambiente delle specie inquinanti considerate è stato utilizzato un approccio che prevede l'utilizzo di modelli matematici per la descrizione dei principali fenomeni di trasporto e diffusione degli inquinanti¹.

La valutazione del contributo immissivo dovuto all'impianto è stata quindi effettuata utilizzando un codice di calcolo per la dispersione atmosferica degli inquinanti; lo studio delle

ricadute mediante l'utilizzo delle simulazioni di breve periodo (short term) ha permesso di stimare le concentrazioni massime di ricaduta in funzione delle diverse condizioni meteorologiche come media oraria, giornaliera o annuale, a seconda del tipo di inquinante, e le relative curve di isoconcentrazione.

Gli inquinanti per i quali è stata simulata la dispersione sono elencati nella seguente Tabella 1:

Tabella 1. Inquinanti oggetto della simulazione

Inquinanti	Simboli
sostanze odorigene	UO
carbonio organico totale	COT
polveri totali, PTS (assunte conservativamente come PM ₁₀)	PM ₁₀
ossidi di azoto	NO _x
monossido di carbonio	CO
ossidi di zolfo (assunte come SO ₂)	SO ₂
metalli pesanti	Metalli
mercurio	Hg
cadmio + tallio	Cd + TI
idrocarburi policiclici aromatici	IPA
acido fluoridrico	HF
acido cloridrico	HCl
poli-clorodibenzodiossine / poli-clorodibenzofurani	PCDD/PCDF

Va inoltre ricordato che, tra le altre, nell'anno 2011, il Dipartimento provinciale ARPAM di Macerata ha elaborato una relazione riguardante il monitoraggio delle emissioni prodotte dalla linea di termovalorizzazione dell'impianto di trattamento RSU del Cosmari e lo stato della qualità dell'aria della zona circostante.

In essa sono descritti i risultati dei campionamenti periodici per la verifica dei livelli di emissione dei seguenti inquinanti (2008-2011), così riepilogati in Tabella 2:

¹ In particolare, è stata utilizzata la cartografia della diffusione media annua del PM₁₀ fornita dal COSMARI tramite le ditte S.E.A. Sas di Tolentino e Maind Srl di Milano (A.I.A. 2010).

Tabella 2. Sostanze rilevate dall'ARPAM nel periodo 2008-2011 e sintesi dei risultati del monitoraggio

Inquinante	Periodo di rilevazione	Rilevazioni/anno	Risultati
Polveri Totali	2008-2011	2	Concentrazione sempre inferiore a 3 mg/Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
Cadmio + Tallio	2008-2011	2	Concentrazione sempre inferiore a 0,05 mg/Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
Mercurio	2008-2011	2	Concentrazione sempre inferiore a 0,05 mg/Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
Altri Metalli*	2008-2011	2	Concentrazione sempre inferiore a 0,5 mg/Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
IPA	2008-2011	2 (nel 2010 una sola)	Concentrazione sempre inferiore a 10 µg/Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
PCDD+PCDF	2008-2011	2 (4 campionamenti nel 2011)	Superamento del limite (0,1 ngI-TEQ/Nm ³) per i campionamenti effettuati nel 2010 e nel 2011
Composti inorganici del cloro	2008-2011	2	Concentrazione sempre inferiore a 60 mg/ Nm ³ (limite del D. Lgs. 133/2005)
Ossidi di Azoto e di Zolfo	2008-2011	monitoraggio continuo	Concentrazione sempre inferiore al valore limite

Premesso quanto sopra, lo studio, pur con i limiti e le criticità esplicitate, si è posto l'obiettivo primario di valutare, con un duplice approccio descrittivo e analitico, lo stato di salute della popolazione residente nelle zone vicine al Cosmari potenzialmente esposta alle ricadute delle emissioni dell'inceneritore di rifiuti solidi urbani, rendendo possibile delinearne il quadro sanitario.

MATERIALI E METODI

Disegno dello studio. Lo studio si articola in due parti, di cui una prima fase descrittiva (**Fase 1**) il cui scopo è di rappresentare spazialmente, nei cinque comuni intorno al COSMARI, il fenomeno della mortalità e dei ricoveri ospedalieri verificatisi nel periodo in esame per le patologie che in letteratura sono associate ad un'esposizione delle emissioni degli impianti di incenerimento, e la fase successiva (**Fase 2**) incentrata sui 4 chilometri

di raggio intorno all'impianto, che si compone di una prima parte descrittiva e una seconda parte di tipo analitico che tenta di rispondere al quesito che riguarda l'ipotetico rapporto di causa ed effetto tra evento sanitario (decesso/ricovero) ed esposizione ambientale. La prima fase (*descrittiva su base comunale*) si propone di studiare la frequenza degli eventi sanitari nei residenti dei comuni prossimi all'impianto e di confrontarla con il riferimento regionale.

Nella seconda fase, è stata dapprima effettuata un'analisi epidemiologica spaziale su base di *sezione di censimento*, nell'area compresa nei 4 chilometri intorno all'impianto del COSMARI, al fine di studiare l'incidenza degli eventi sanitari nelle aree sub-comunali intorno all'impianto nel confronto con l'intera area e di descrivere spazialmente il fenomeno della mortalità e dei ricoveri verificatisi nel periodo in esame per le patologie che in letteratura sono associate ad un'esposizione delle emissioni degli impianti di incenerimento. Successivamente, è stato realizzato uno studio a livello individuale dell'associazione tra

l'esposizione al particolato atmosferico e l'evento sanitario (di seguito indicato come *risk-analysis*) nei residenti nell'area di 4 km intorno all'impianto di incenerimento.

Infine, l'ultima sezione propone i risultati di un più approfondito *studio di coorte* di popolazione osservazionale retrospettivo, basato sulla storia residenziale dei soggetti residenti nell'area suddetta.

Area e Popolazione in studio. Le aree e le popolazioni oggetto di studio sono individuate nei comuni afferenti all'Area Vasta n. 3 dell'ASUR di Corridonia, Macerata, Pollenza, Tolentino e Urbisaglia.

Dati anagrafici e sanitari. Gli indirizzi di residenza degli abitanti dal 1/1/2006 al 31/12/2012, comprese tutte le variazioni di residenza nel periodo e l'indicazione sullo stato anagrafico (vivente, deceduto, emigrato, sospeso, irreperibile), sono stati estratti dall'anagrafe sanitaria dell'Area Vasta 3.

I dati sono stati trattati con opportune procedure di anonimizzazione.

L'insieme dei dati sanitari utilizzati deriva dalle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) fornite dall'Agenzia Regionale Sanitaria della Regione Marche per il periodo che va dal 2006 al 2012 e dall'archivio ISTAT delle cause di morte messo a disposizione dalla P.F. Sistemi statistici e di controllo di gestione della Giunta della Regione Marche nell'ambito del macroprogramma (aggiornamento ottobre 2014) del Programma Statistico Nazionale "Elaborazioni su dati di mortalità, ricovero e esiti dei concepimenti per finalità di supporto alla programmazione regionale e locale" (PSN MAR-0006). Da questo ultimo archivio sono stati selezionati i decessi dei residenti nei 5 comuni compresi nell'area di studio verificatisi nel periodo 2006-2011; i decessi nell'area dei 4 km intorno al Cosmari sono stati forniti dall'ASUR – Area Vasta n. 3.

Gli archivi anagrafici e sanitari sono stati sottoposti ad una procedura di controllo di qualità.








Le cause di decesso e di ricovero ospedaliero indagate (riepilogate in tabelle 2.1., 2.2. e 2.3. della versione integrale dello studio) sono state selezionate alla luce dei risultati del progetto sul monitoraggio degli inceneritori nel territorio dell'Emilia Romagna - MONITER, che ha valutato gli effetti ambientali e sanitari a breve e a lungo termine degli inceneritori di rifiuti urbani, presenti nella regione, nei residenti in un'area di 4 km di raggio intorno ad ogni inceneritore.

Analisi statistica.

Fase 1: Sono stati analizzati, per gli individui di genere maschile e femminile di tutte le età, i ricoveri ospedalieri incidenti e tutti i ricoveri, ordinari e day hospital, dei soggetti residenti nei comuni di Corridonia, Macerata, Pollenza, Tolentino e Urbisaglia nel periodo in studio, selezionati sulla base della diagnosi principale della SDO. Sono stati altresì indagati, per gli individui di entrambi i generi di tutte le età, i decessi dei soggetti residenti nei comuni presi in esame dovuti alle cause di morte indagate. Sono stati calcolati, con riferimento alla popolazione della regione Marche, i rapporti di incidenza standardizzati (SIR) per genere, classi di età quinquennali e indice di deprivazione, con il relativo intervallo di confidenza al 90% di probabilità ed i rapporti di incidenza bayesiano (BIR) con il relativo intervallo di credibilità al 90% controllato per genere, classi di età quinquennali e indice di deprivazione. Per la regione Marche e per i cinque comuni considerati nello studio, sono stati inoltre analizzati i trend temporali dei tassi standardizzati nell'intero periodo (per i ricoveri dal 1997 al 2012, per i decessi dal 2006 al 2011) e sono stati riportati i relativi grafici a dispersione con le rette di regressione dei gruppi. Al fine di localizzare aggregazioni di comuni che presentano eccessi statisticamente significativi di mortalità e di

ricovero per causa, è stata applicata la metodologia del *cluster detection* basata sulla statistica Scan di Kulldorff. I cluster statisticamente significativi ($p\text{-value} < 0,05$) sono stati rappresentati graficamente su mappe di variazione del rischio (*choropleth*). Tutte le analisi statistiche sono state effettuate considerando i soggetti residenti di tutte le età. Gli indicatori epidemiologici utilizzati sono stati: Tassi Standardizzati (TS), Rapporti Standardizzati di Mortalità / Incidenza (SMR/SIR) e Stimatori Bayesiani (BMR/BIR). Infine, avvalendosi dell'utilizzo di "emoticons", si sono intese semplificare le modalità di lettura ed interpretazione dei dati, associando alla presentazione dei valori numerici anche una rappresentazione grafica come esplicitata nella Tabella 3 seguente.

Tabella 3. Modalità di rappresentazione dei risultati (Livelli di attenzione)

Emoticons	Livello di attenzione/preoccupazione
	0 - Difetti significativi. Nessuna azione da intraprendere
	1 - Nessuna azione da intraprendere
	2 - Nessuna preoccupazione. Ricontrollare nel tempo
	3 - Necessaria attenzione. Sorvegliare nel tempo
	4 - Sicuro / molto probabile eccesso. Sorvegliare nel tempo e nello spazio
	5 - Eccesso in evoluzione o d'interesse d'area. Necessitano approfondimenti
	6 - Eccesso conclamato. Necessitano approfondimenti e sorveglianza
	7 - Parametri contrastanti. Necessitano eventuali accertamenti

Fase 2: Per lo *studio epidemiologico spaziale descrittivo su base censuaria*, basato sulla ripartizione del territorio in aree sub-comunali (sezioni censuarie), è stata stimata la popolazione totale nelle sezioni censuarie

posizionate nell'area dei 4 km di raggio intorno al Cosmari con l'utilizzo di metodiche GIS di overlapping; di ciascun evento sanitario è stata quindi identificata la residenza al momento del suo verificarsi (decesso, ricovero) individuata temporalmente dalla data di decesso e da quella del ricovero nel periodo in studio. Sono stati calcolati i rapporti standardizzati di mortalità e morbosità (SMR) a livello sub-comunale, con i relativi intervalli di confidenza al 95% di probabilità, standardizzati per genere, classi di età quinquennali e indice di deprivazione, nell'ipotesi che i casi osservati siano distribuiti secondo una variabile casuale di Poisson. È stata inoltre applicata la metodologia del *cluster detection* basata sulla statistica spaziale Scan di Kulldorff, che permette di localizzare aggregazioni di sezioni che presentano eccessi di mortalità/incidenza statisticamente significativi.

Sono inoltre stati effettuati due *studi di tipo analitico*; il primo di *risk-analysis* (associazione tra l'esposizione al particolato atmosferico e l'evento sanitario) ed il secondo uno *studio di coorte* di popolazione osservazionale retrospettivo. Entrambi si basano sulla storia residenziale dei soggetti residenti nell'area dei 4 km di raggio dall'inceneritore Cosmari e, per entrambi gli studi, si è utilizzato un approccio univariato e multivariato, considerato l'aggiustamento per genere, età, indice di deprivazione e distanza dalla strada, nel gruppo dei maschi e femmine insieme, mentre le analisi di sensibilità sono state effettuate senza considerare il fattore confondente dell'indice di deprivazione.

Per lo studio di *risk-analysis*, sono stati riportati il numero di casi e la popolazione a rischio per ciascun esito e gruppo di patologie. L'associazione tra i diversi livelli di esposizione e occorrenza degli eventi di mortalità / morbosità è stata valutata attraverso un modello di regressione logistica ed espressa come Odds Ratio (con il relativo intervallo di confidenza al 95%), che rappresenta una stima indiretta del rischio relativo.

Lo *studio di coorte* è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione osservazionale retrospettivo basato sulla storia residenziale dei soggetti residenti nell'area dei 4 km di raggio dall'inceneritore Cosmari, analizzando i soggetti che hanno risieduto sempre nella stessa residenza a partire dall'ingresso nella coorte e per tutto il follow-up con un periodo minimo di sei mesi. Per ciascun esito e gruppo di patologie, sono stati riportati il numero di casi, la popolazione a rischio e gli anni-persona. Il rischio relativo di incorrere in un evento sanitario dovuto all'esposizione di particolato atmosferico è stato stimato con il modello di regressione di Cox a rischi proporzionali (Hazard Ratio con intervallo di confidenza al 95%), per il gruppo dei maschi, delle femmine e per entrambi i generi considerati congiuntamente.

Software utilizzati. Le analisi sono state effettuate utilizzando i software SAS System v.9.4 e per gli indicatori epidemiologici relativi alla prima fase PATED v.4.2 (Procedura per l'analisi territoriale di epidemiologia descrittiva) (De Maria 2006); l'analisi dei trend temporali è stata realizzata con il software Joinpoint v.3.5.3 prodotto da US National Cancer Institute, mentre l'analisi dei cluster con SaTScan v.9.1.0.

RISULTATI FASE 1

Per un quadro sintetico dei risultati, si riportano nelle tabelle seguenti, gli eventi sanitari statisticamente significativi che necessitano di particolare attenzione o che richiedono un controllo ed una sorveglianza nel tempo (Tabelle 4, 5, 6); si rimanda alla lettura del testo completo dello studio per una esaustiva descrizione degli eccessi e difetti rilevati. Per quanto riguarda la mortalità, è da rilevare un trend in aumento, in controtendenza rispetto a quello della regione Marche, per i tumori maligni dello stomaco (ICD-X: C16) sia per i maschi che per le femmine a Macerata.

I trend riferiti a tutti i ricoveri ospedalieri evidenziano, al pari della regione Marche, un andamento complessivamente in calo, ad eccezione di quello relativo all'aborto spontaneo (ICD-IX: 634) a Macerata, che risulta in aumento durante tutto il periodo in studio.

Tabella 4. Eventi sanitari statisticamente significativi da sorvegliare e controllare nel tempo - Decessi

Comune	Causa (ICD-X)	Genere	SIR	BIR	Trend	Livello attenzione
Macerata	Malattie apparato circolatorio (I00-I99)	M + F	↑	↑	→	4 😬
Urbisaglia	Malattie apparato circolatorio (I00-I99)	F	↑	↑	↘	4 😬

Tabella 5. Eventi sanitari statisticamente significativi che necessitano di particolare attenzione - Ricoveri ospedalieri

Comune	Causa (ICD-IX)	Genere	SIR	BIR	Trend	Livello attenzione
Corridonia	Aborto spontaneo* (634)	F	↑	↑	→	5 😬
Macerata	Aborto spontaneo* (634)	F	↑	↑	↗	6 😬
Pollenza	Malattie ischemiche del cuore* (410-414.9)	F, M, M + F	↑	↑	→	5 😬
Urbisaglia	Malattie ischemiche del cuore* (410-414.9)	M, M + F	↑	↑	→	5 😬

* Per queste cause sono stati considerati tutti gli eventi avvenuti nel periodo

Tabella 6. Eventi sanitari statisticamente significativi da sorvegliare e controllare nel tempo - Ricoveri ospedalieri

Comune	Causa (ICD-IX)	Genere	SIR	BIR	Trend	Livello attenzione
Corridonia	Malattie ischemiche del cuore* (410-414.9)	F, M + F	↑	↑	↘	4 😬
Macerata	Malattie ischemiche del cuore* (410-414.9)	M, M + F	↑	↑	↘	4 😬
Tolentino	Malattie dell'apparato circolatorio (390-459)	M, M + F	↑	↑	↘	4 😬
	Malattie ischemiche del cuore* (410-414.9)	F, M, M + F	↑	↑	↘	4 😬
	Nefropatie croniche e acute (580-589)	F	↑	↑	→	4 😬

* Per queste cause sono stati considerati tutti gli eventi avvenuti nel periodo

RISULTATI FASE 2

Indagine descrittiva su base di sezione censuaria.

Analisi della mortalità: nella Tabella 7 sottostante sono riepilogate le sezioni censuarie all'interno dei 4 chilometri di raggio intorno all'impianto di trattamento dei rifiuti solidi urbani del Cosmari dove si sono rilevati rapporti standardizzati di mortalità con eccessi statisticamente significativi durante tutto il periodo in studio per causa, il comune di appartenenza della sezione, il numero di casi osservati e attesi nella stessa, con il relativo rapporto standardizzato di mortalità, accompagnato dall'intervallo di confidenza al 95%.

La mortalità per tutte le cause (ICD-X: A00-R99), per tutti i tumori (ICD-X: C00-D48), tumori maligni della prostata (ICD-X: C61) e quella per malattie del sistema cardiocircolatorio (ICD-X: I00-I99) hanno presentato eccessi statisticamente significativi in almeno una sezione censuaria, mentre le Tabelle 8 e 9 mostrano i cluster di decessi circolari ed ellittici, identificati a prescindere dalla posizione del Cosmari, e i cluster circolari, ellittici e isotonici focali, considerando come punto focale le coordinate cartesiane del Cosmari, che sono risultati con eccessi statisticamente significativi all'interno dell'area dei 4 Km intorno all'impianto di trattamento dei rifiuti solidi urbani.

Analisi del primo ricovero ospedaliero nel periodo: nella Tabella 10 sono state riepilogate le sezioni censuarie dove si sono rilevati rapporti standardizzati di incidenza con eccessi statisticamente significativi per i primi ricoveri durante l'intero periodo in studio per causa, il comune di appartenenza della sezione, il numero di primi ricoveri osservati e attesi nella stessa, con il relativo rapporto standardizzato di incidenza, accompagnato dall'intervallo di confidenza al 95%.

Le patologie con almeno una sezione censuaria con un eccesso statisticamente

significativo sono individuate in tutte le cause (ICD-IX: 001-799), tutti i tumori (ICD-IX: 140-239), tumori maligni del colon-retto (ICD-IX: 153-154), tumori maligni della vescica (ICD-IX: 188) e malattie del sistema cardiocircolatorio (ICD-IX: 390-459). La Tabella 11 mostra i cluster di primi ricoveri nel periodo di tipo circolari ed ellittici, identificati a prescindere dalla posizione del Cosmari, che sono risultati con eccessi statisticamente significativi all'interno dell'area dei 4 Km intorno all'impianto di trattamento dei rifiuti solidi urbani.

Analisi di tutti i ricoveri nel periodo: nella Tabella 12 sono riepilogate le sezioni censuarie dove si sono rilevati rapporti standardizzati di incidenza con eccessi statisticamente significativi per tutti i ricoveri durante l'intero periodo in studio per causa, il comune di appartenenza della sezione, il numero di tutti i ricoveri osservati e attesi nella stessa, con il relativo rapporto standardizzato di incidenza, accompagnato dall'intervallo di confidenza al 95%.

Le patologie con almeno una sezione censuaria con un eccesso statisticamente significativo sono individuate in tutte le cause (001-799), malattie ischemiche cardiache (410-414), infezioni respiratorie acute, polmonite e influenza (460-466, 480-487) e aborto spontaneo (630, 632, 634).

Le Tabelle 13 e 14 mostrano i cluster di tutti i ricoveri nel periodo di tipo circolari ed ellittici, identificati a prescindere dalla posizione del Cosmari, e i cluster circolari, ellittici e isotonici focali, considerando come punto focale le coordinate cartesiane del Cosmari, che sono risultati con eccessi statisticamente significativi all'interno dell'area dei 4 Km intorno allo stesso.

Tabella 7. Sezioni censuarie con rapporti standardizzati di mortalità con eccessi statisticamente significativi per causa di decesso, 2006-2011

ICD-X	Descrizione	Comune	Sezione	Oss.	Att.	SMR (I.C. 95%)
A00-R99	Tutte le cause	Pollenza	24	14	8	186 (102 - 312)
C00-D48	Tutti i tumori	Tolentino	58	<5	<5	1460 (177 - 5275)
C61	Tumori maligni della prostata	Tolentino	75	<5	<5	10050 (254 - 55995)
I00-I99	Malattie del sistema cardiocircolatorio	Pollenza	24	7	3	264 (106 - 544)

Tabella 8. Cluster spaziali con eccessi statisticamente significativi a prescindere dalla localizzazione del Cosmari - Decessi, 2006-2011

ICD-X	Descrizione	Oss.	Attesi	SMR	p-Value	Tipo cluster	Raggio (mt)	Asse Minore (mt)	Asse Maggiore (mt)	N. sezioni comprese
A00-R99	Tutte le cause	68	45	151	0,029	Circolare	3.200,6			3
A00-R99	Tutte le cause	51	30	168	0,041	Ellittico		2.665,0	3.997,4	1

Tabella 9. Cluster focali con eccessi statisticamente significativi con punto focale sul Cosmari - Decessi, 2006-2011

ICD-X	Descrizione	Oss.	Attesi	SMR	P-Value	Tipo Cluster	Raggio (m)	Asse Minore	Asse Maggiore	N. sezioni comprese	Oss. Cluster Isotonico	Att. Cluster Isotonico	SMR Cluster Isotonico
00-R99	Tutte le cause	52	35	149	0,054	Ellittico		1.528,7	2.293,0	6			
C50	Tumori maligni della mammella nella donna	6	3	231	0,011	Circolare	2.862,8			17			
E10-E14	Diabete mellito	12	7	183	0,011	Circolare	2.862,8			18			
E10-E14	Diabete mellito	13	7	178	0,039	Ellittico		2.599,8	3.899,7	22			
C50	Tumori maligni della mammella nella donna	6	3	231	0,008	Isotonico	2.734,2			16	5	2	264
						Isotonico	2.862,8			2	<5	<5	141
E10-E14	Diabete mellito	12	7	183	0,006	Isotonico	1.509,3			4	<5	<5	376
						Isotonico	2.619,4			10	8	5	168
						Isotonico	2.862,8			4	<5	<5	158

Tabella 10. Sezioni censuarie con rapporti standardizzati di morbosità con eccessi statisticamente significativi per causa - primi ricoveri, 2006-2012

ICD-IX	Descrizione	Comune	Sezione	Oss.	Attesi	SMR (I.C. 95%)
001-799	Tutte le cause	Pollenza	2	30	13	229 (155 - 327)
		Pollenza	20	13	6	221 (117 - 377)
140-239	Tutti i tumori	Pollenza	2	9	2	395 (181 - 749)
153-154	Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione retto sigmoidea e dell'ano	Corridonia	81	<5	<5	927 (112 - 3348)
188	Tumori maligni della vescica	Tolentino	75	<5	<5	5.025 (127 - 27.998)
390-459	Malattie del sistema cardiocircolatorio	Pollenza	2	10	4	230 (110 - 422)
		Pollenza	27	43	29	148 (107 - 199)
		Tolentino	55	7	3	263 (106 - 541)

Tabella 11. Cluster spaziali con eccessi statisticamente significativi a prescindere dalla localizzazione del Cosmari - Primi ricoveri, 2006-2012

ICD-IX	Descrizione	Oss.	Attesi	SMR	P-Value	Tipo cluster	Raggio (m)	Asse Minore (m)	Asse Maggiore (m)	N. sezioni comprese
001-799	Tutte le cause	45	21	219	0,001	Circolare	536,1			3
140-239	Tutti i tumori	11	3	340	0,047	Circolare	536,1			3
390-459	Malattie del sistema cardiocircolatorio	132	99	134	0,031	Ellittico		2.461,6	3.692,4	15

Tabella 12. Sezioni censuarie con rapporti standardizzati di morbosità con eccessi s. s. per causa - tutti i ricoveri, 2006-2012

ICD-IX	Descrizione	Comune	Sezione	Oss.	Attesi	SMR (I.C. 95%)
001-799	Tutte le cause	Corridonia	26	221	176	126 (110 - 143)
		Corridonia	27	249	207	121 (106 - 137)
		Pollenza	2	67	32	212 (165 - 270)
		Pollenza	24	148	109	136 (115 - 159)
		Pollenza	27	302	255	119 (106 - 133)
		Pollenza	41	29	15	190 (127 - 273)
		Pollenza	44	40	28	141 (101 - 192)
		Tolentino	43	12	5	231 (120 - 404)
		Tolentino	75	12	6	195 (101 - 340)
		Urbisaglia	9	14	7	188 (103 - 316)
410-414	Malattie ischemiche cardiache	Pollenza	27	29	12	244 (164 - 351)
		Tolentino	41	<5	<5	644 (175 - 1.648)
		Tolentino	75	<5	<5	1.712 (466 - 4.383)
460-466, 480-487	Infezioni respiratorie acute, Polmonite e Influenza	Tolentino	43	<5	<5	864 (105 - 3.120)
		Urbisaglia	2	<5	<5	435 (119 - 1.114)
630,632,634	Aborto Spontaneo	Pollenza	24	<5	<5	933 (192 - 2.727)

Tabella 13. Cluster spaziali con eccessi statisticamente significativi a prescindere dalla localizzazione del Cosmari - Tutti i ricoveri, 2006-2012

ICD-IX	Descrizione	Oss.	Attesi	SMR	P-Value	Tipo cluster	Raggio (m)	Asse Minore (m)	Asse Maggiore (m)	N. sezioni comprese
001-799	Tutte le cause	883	743	119	0,001	Circolare	2.472,1			13
001-799	Tutte le cause	1131	968	117	0,001	Ellittico		2.468,5	4.937,0	21
001-799	Tutte le cause	182	138	132	0,023	Circolare	322,5			2
410-414	Malattie ischemiche cardiache	44	19	233	0,001	Ellittico		770,0	3.080,0	6
460-466, 480-487	Infezioni respiratorie acute, polmonite e influenza	40	23	172	0,039	Ellittico		1.090,7	4.362,8	13
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	6	1	591	0,038	Ellittico		785,5	2.356,4	3

Tabella 14. Cluster focali con eccessi statisticamente significativi con punto focale sul Cosmari - Tutti i ricoveri, 2006-2012

ICD-IX	Descrizione	Oss.	Attesi	SMR	P-Value	Tipo Cluster	Raggio (m)	Asse Minore	Asse Maggiore	N. sezioni comprese	Oss. Cluster Isotonico	Attesi Cluster Isotonico	SMR Cluster Isotonico
001-799	Tutte le cause	1042	888	117	0,001	Ellittico		1.081,6	3.244,8	10			
410-414	Malattie ischemiche cardiache	48	32	150	0,014	Circolare	1.858,0			8			
410-414	Malattie ischemiche cardiache	62	36	172	0,001	Ellittico		1.321,4	3.964,3	11			
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	< 5	< 5	597	0,042	Circolare	1.509,3			4			
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	6	1	499	0,034	Ellittico		731,9	3.659,3	4			
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	5	3	171	0,044	Isotonico	1.509,3			4	< 5	< 5	597
630, 632, 634	Aborto Spontaneo				0,044	Isotonico	2.147,3			6	< 5	< 5	82

Studio di associazione tra esposizione/evento sanitario (risk analysis).

Sono stati analizzati i gruppi di cause che presentavano almeno 10 eventi per ciascun esito, come riepilogate nelle seguenti Tabelle 15 e 16.

Tabella 15. Cause di decesso analizzate nella risk analysis

Causa di Decesso COD. ICX-X	Descrizione	N. Eventi
A00-R99	Tutte le cause	269
C00-D48	Tutti i tumori	99
C18-C21	Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione retto sigmoidea e dell'ano	10
C33-C34	Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni	12
E10-E14	Diabete mellito	15
I00-I99	Malattie del sistema cardiocircolatorio	101
I20-I25	Malattie ischemiche cardiache	26

Tabella 16. Cause di ricovero ospedaliero analizzate nella risk analysis

Causa di Dimissione Ospedaliera (ICD-IX-CM)	Descrizione	N. ricoveri osp. (Tutti)	N. ricoveri osp. (Primi)
001-799	Tutte le cause	3.239	1.551
140-239	Tutti i tumori		231
153-154	Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione retto sigmoidea e dell'ano		25
162	Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni		10
174	Tumori maligni della mammella nella donna		18
188	Tumori maligni della vescica		17
250	Diabete mellito		10
390-459	Malattie del sistema cardiocircolatorio		374
410-414	Malattie ischemiche cardiache	150	
460-466, 480-487	Infezioni respiratorie acute, polmonite e Influenza	71	
490-492, 494, 496	Malattie polmonari croniche ostruttive (BPCO)		14
580-589	Nefriti, sindrome nefrosica, e altre nefrosi		25
740-759	Malformazioni congenite		55
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	12	

La popolazione a rischio è costituita da 6.297 soggetti-residenze per lo studio di mortalità e da 6.360 soggetti-residenze per lo studio di morbosità. Nella versione integrale dello studio, alla quale si rimanda, sono state riportate le statistiche descrittive delle caratteristiche della popolazione in studio dal 2006 al 2012 (età, genere, indice di deprivazione socio-economico, distanza di 200 metri dalla SS 77) e, per ciascuna causa ed esito sanitario, il numero di casi e la popolazione per ogni categoria delle variabili di esposizione al particolato.

Sono state infine effettuate le analisi univariate e multivariate (con e senza aggiustamento per indice di deprivazione) per gli esiti e i gruppi di patologie in studio.

Sia per ciò che riguarda la mortalità, che il primo ricovero, così come tutti i ricoveri ospedalieri, sono stati riportati gli Odds Ratio (OR) con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value rispettivamente per le due analisi di sensibilità $PM_{10} = 0,025-0,075$ versus $PM_{10} = 0-0,015$ e $PM_{10} = 0,015-0,025$ versus $PM_{10} = 0$ / $PM_{10} = 0,035-0,075$ versus $PM_{10} = 0$

Analisi della mortalità: lo studio riporta gli Odds Ratio (OR), con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value, relativi all'esposizione ad un contributo aggiuntivo del particolato atmosferico positivo (PM_{10} tra 0,015-0,075) rispetto all'assenza del contributo stesso ($PM_{10}=0$); le stime del rischio relativo si riferiscono all'analisi multivariata nel gruppo dei maschi e femmine insieme considerato l'aggiustamento per genere, età, indice di deprivazione e distanza dalla strada. L'Odds Ratio di 1,35 relativo a tutte le cause di decesso escluse le violente (ICD-X: A00-R99) per un PM_{10} tra 0,015-0,025 rispetto al PM_{10} pari a zero risulta statisticamente significativo anche senza l'aggiustamento per indice di deprivazione.

Analisi del primo ricovero ospedaliero nel periodo: sono riportati gli Odds Ratio (OR), con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value, relativi all'esposizione ad un particolato atmosferico positivo (PM₁₀ tra 0,015-0,075) rispetto all'assenza del particolato (PM₁₀=0); le stime del rischio relativo si riferiscono all'analisi multivariata nel gruppo dei maschi e femmine insieme considerato l'aggiustamento per genere, età, indice di deprivazione e distanza dalla strada.

Analisi di tutti i ricoveri ospedalieri nel periodo: sono riportati gli Odds Ratio (OR), con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value, relativi all'esposizione ad un particolato atmosferico positivo (PM₁₀ tra 0,015-0,075) rispetto all'assenza del particolato (PM₁₀=0); le stime del rischio relativo si riferiscono all'analisi multivariata nel gruppo dei maschi e femmine insieme considerato l'aggiustamento per genere, età, indice di deprivazione e distanza dalla strada. Tutti gli Odds Ratio statisticamente significativi sono confermati nella significatività anche nelle analisi multivariate senza l'aggiustamento per indice di deprivazione.

Studio di coorte.

La popolazione a rischio è stata costituita dai soggetti che hanno risieduto sempre nella stessa residenza a partire dall'ingresso nella coorte e per tutto il follow-up con un periodo minimo di sei mesi, determinata ipotizzando che sia necessaria un'esposizione di almeno 6 mesi per osservare effetti sanitari imputabili all'esposizione di particolato sottile e per ridurre al minimo il rischio di misclassificazione dell'esposizione.

Come per la risk analysis, sono stati analizzati i gruppi di cause che presentavano almeno 10 eventi per ciascun esito e riportate, per i decessi e per i ricoveri ospedalieri, riportati rispettivamente nelle Tabelle 17 e 18.

Tabella 17. Cause di decesso analizzate nello studio di coorte

Causa di decesso COD. ICD-X	Descrizione	N. Eventi
A00-R99	Tutte le cause	233
C00-D48	Tutti i tumori	81
E10-E14	Diabete mellito	12
I00-I99	Malattie del sistema cardiocircolatorio	91
I20-I25	Malattie ischemiche cardiache	24

Tabella 18. Cause di ricovero ospedaliero analizzate nello studio di coorte

Causa di dimissione ospedaliera (ICD-IX-CM)	Descrizione	N. ricoveri osp. (tutti)	N. ricoveri osp. (primi)
001-799	Tutte le cause	2745	1195
140-239	Tutti i tumori		191
153-154	Tumori maligni del colon, del retto, della giunzione retto sigmoidea e dell'ano		19
174	Tumori maligni della mammella nella donna		16
188	Tumori maligni della vescica		11
390-459	Malattie del sistema cardiocircolatorio		311
410-414	Malattie ischemiche cardiache	128	
460-466, 480-487	Infezioni respiratorie acute, Polmonite e Influenza	61	
490-492, 494, 496	Malattie polmonari croniche ostruttive (BPCO)		13
580-589	Nefriti, sindrome nefrosica, e altre nefrosi		23
740-759	Malformazioni congenite		37
630, 632, 634	Aborto Spontaneo	9	

Lo studio riporta le statistiche descrittive della coorte dal 2006 al 2012 (età, genere, indice di deprivazione socio-economico, distanza di 200 metri dalla SS 77); per ciascuna causa, per i decessi, per il primo ricovero ospedaliero e per ogni categoria delle variabili di esposizione al particolato sono stati inoltre riportati il numero di casi, la popolazione e gli anni-persona.

Per tutti gli eventi considerati, sono riportati gli Hazard Ratio (HR), con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value, relativi all'esposizione ad un particolato atmosferico positivo (PM_{10} tra 0,015-0,075) rispetto all'assenza delle ricadute del particolato ($PM_{10}=0$); le stime del rischio relativo si riferiscono all'analisi multivariata nel gruppo dei maschi e femmine insieme e nei due generi separatamente, considerato l'aggiustamento per genere (solo nel gruppo maschi più femmine), età, indice di deprivazione e distanza dalla strada.

Allo stesso modo, sono riportati gli Hazard Ratio (HR) con gli intervalli di confidenza al 95% (limite inferiore e superiore, LI 95% e LS 95%) e il p-value rispettivamente per le due analisi di sensibilità:

Analisi di sensibilità 1:

$PM_{10} = 0,025-0,075$ versus $PM_{10} = 0-0,015$

Analisi di sensibilità 2:

$PM_{10} = 0,015-0,025$ versus $PM_{10} = 0$

$PM_{10} = 0,035-0,075$ versus $PM_{10} = 0$

Per quanto riguarda i risultati riferiti al primo ricovero ospedaliero, tutti gli Hazard Ratio statisticamente significativi rilevati sono confermati nella significatività anche nelle analisi multivariate senza l'aggiustamento per indice di deprivazione.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In relazione agli obiettivi prefissati, il presente studio ha cercato, procedendo per successivi gradi di approfondimento, di descrivere la distribuzione di alcuni eventi sanitari nella popolazione residente nei comuni interessati alle emissioni e nelle immediate vicinanze di un impianto di trattamento di rifiuti solidi urbani. E' stato poi valutato il rischio di comparsa degli eventi stessi per i residenti nelle aree a maggior ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto di incenerimento.

A tal fine sono stati indagati gli eventi sanitari le cui cause sono state collegate in letteratura scientifica, pur con diversa evidenza e forza di associazione, all'esposizione ai contaminanti ambientali emessi dagli impianti di trattamento dei rifiuti solidi urbani, verificatesi nel periodo 2006-2011 per la mortalità e 2006-2012 per la morbosità.

Nella **prima fase dello studio** (descrittiva a livello comunale) la popolazione di riferimento è stata la popolazione residente negli stessi periodi in esame in tutto il territorio regionale. Nei 5 comuni interessati allo studio si sono rilevati, in particolare, eccessi di mortalità per le malattie dell'apparato circolatorio a carico delle femmine a Urbisaglia e dei due generi complessivamente a Macerata e, per le dimissioni ospedaliere riferite ai primi ricoveri, per le malattie dell'apparato circolatorio nei maschi e per nefropatie nelle femmine a Tolentino.

Per quanto riguarda tutti i ricoveri, si sono evidenziati eccessi nella totalità dei comuni indagati per le malattie ischemiche del cuore e per aborto spontaneo nei comuni di Macerata e Corridonia. Si segnalano anche difetti statisticamente significativi per tutti i ricoveri per "tutte le cause" in tutti i comuni e per le infezioni respiratorie, polmonite ed influenza in tutti i comuni ad eccezione di Tolentino.

Nella **seconda fase dello studio** sono stati indagati gli stessi eventi sanitari all'interno di una fascia di territorio compresa nei 4 km di raggio dal centro dell'impianto di trattamento dei rifiuti. In questo caso si sono valutati i residenti all'interno delle diverse sezioni di censimento, confrontandoli con l'intera popolazione residente in tutto il territorio compreso nel cerchio suddetto.

Eccessi di mortalità sono stati riscontrati per "tutte le cause" e per le malattie dell'apparato circolatorio in sezioni censuarie di Pollenza; meno rilevanti, dato il numero minimo degli osservati, gli eccessi per "tutti i tumori" e per i tumori maligni della prostata a Tolentino.

Riguardo i primi ricoveri ospedalieri si sono rilevati eccessi in alcune sezioni di censimento a Pollenza per “tutte le cause”, “tutti i tumori”, malattie dell'apparato circolatorio e malattie ischemiche del cuore. Sempre nell'analisi dei primi ricoveri, e comunque con piccoli numeri, sono stati registrati eccessi in sezioni censuarie del comune di Corridonia per tumori maligni del colon-retto e per infezioni respiratorie acute, di Tolentino per tumori maligni della vescica, malattie dell'apparato circolatorio, malattie ischemiche del cuore e infezioni respiratorie acute. A Urbisaglia gli eccessi di primi ricoveri hanno interessato sezioni di censimento per le infezioni respiratorie acute.

Per tutti i ricoveri ospedalieri alcune sezioni di Tolentino hanno mostrato eccessi per “tutte le cause”, per le malattie ischemiche del cuore e per le infezioni respiratorie acute (pochi osservati). A Pollenza gli eccessi si sono riscontrati per “tutte le cause”, le malattie ischemiche del cuore e l'aborto spontaneo. Eccessi di tutti i ricoveri, inoltre, si sono riscontrati per “tutte le cause” anche in sezioni di censimento di Corridonia e di Urbisaglia; in quest'ultima sono stati osservati anche eccessi per le infezioni respiratorie acute.

Da un confronto tra i risultati delle analisi descrittive effettuate sui 5 comuni e sulle unità censuarie dell'area delimitata dal cerchio con 4 km di raggio a partire dall'impianto di incenerimento, si osservano a Pollenza, in particolare, alcuni eccessi di patologia che si ripetono nei due livelli di dettaglio dello studio. Nello specifico, si rileva una concordanza di risultato per i primi ricoveri per le malattie dell'apparato circolatorio a Tolentino e per tutti i ricoveri per le malattie ischemiche del cuore a Pollenza e Tolentino. Le indagini svolte, tuttavia, non consentono di valutare quale sia il contributo dell'eccesso evidenziato su scala sub-comunale alla costituzione del medesimo eccesso rilevato sull'intera area comunale.

Tutte le valutazioni sopra indicate hanno utilizzato un aggiustamento per i parametri

socio-economici (Indice di Deprivazione) e per età (nella descrittiva sui 4 km anche per genere) al fine di minimizzare gli effetti di una eventuale diversità della struttura demografica e delle condizioni socio-economiche della popolazione residente nelle diverse aree.

Si è proceduto successivamente, sempre in “piccola area”, ad approfondimenti di tipo analitico per la valutazione dei rischi della residenza in aree a maggior ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto di incenerimento. L'attenzione dei ricercatori si è concentrata di recente sul particolato quale indicatore di esposizione; il PM₁₀, infatti, essendo il parametro maggiormente disponibile per fare delle stime, anche se di per se non il più rappresentativo in assoluto della pericolosità delle sostanze emesse, negli studi epidemiologici più recenti viene assunto come marker di esposizione della popolazione. Per la valutazione delle pressioni ambientali sono state pertanto utilizzate in via rappresentativa, quali medie annue per le polveri sottili (PM₁₀), le modellistiche di ricaduta prodotte dal COSMARI per la procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale del 2010.

Procedendo per successivi approfondimenti, si è affrontato per primo uno studio di **risk analysis**, che ha confrontato le incidenze degli eventi sanitari in studio tra i residenti nelle aree a bassa pressione ambientale (nessuna potenziale ricaduta dall'impianto di PM₁₀) e quelli residenti in aree a più alta pressione. I risultati delle indagini effettuate, riferiti ad entrambi i generi, che meritano menzione per questa fase di analisi sono l'eccesso di rischio per i decessi per “tutte le cause” che si riscontra per la categoria di esposizione “PM₁₀ 0,015-0,075 vs PM₁₀ 0”, che ha fatto registrare un OR di 1,23 (IC95%: 0,92-1,64), ma che risulta statisticamente significativo solo nella categoria “PM₁₀ 0,015-0,025 vs PM₁₀ 0”.

Per quanto concerne i primi ricoveri ospedalieri sono stati rilevati eccessi significativi per “tutte le cause” (OR 1,19;

IC95%: 1,06-1,35) e per le malattie dell'apparato circolatorio nella categoria di esposizione "0,015-0,075 vs 0" (OR 1,27; IC95%: 1,01-1,60); nella medesima categoria di esposizione sono stati evidenziati eccessi significativi anche in tutti i ricoveri, per "tutte le cause" (OR 1,27; IC95%: 1,10-1,48). Sempre in tutti i ricoveri e nella medesima categoria di esposizione "0,015-0,075 vs 0", si è evidenziato un eccesso, privo di significatività statistica, per le infezioni respiratorie acute, polmonite ed influenza (OR 1,58; IC95%: 0,93-2,67); l'eccesso per la stessa causa è risultato invece statisticamente significativo nella categoria di esposizione "0,035-0,075 vs 0". In alcuni confronti si sono riscontrati eccessi di rischio, che tuttavia, a causa della limitata potenza statistica, non hanno raggiunto la necessaria significatività.

Va detto, tuttavia, che la risk analysis utilizzata nel presente lavoro presenta criticità nella valutazione del rapporto causale con l'esposizione alle ricadute dell'inceneritore, in quanto considera la residenza del soggetto nel momento in cui si è verificato l'evento senza tener conto di possibili variazioni della stessa durante l'intero periodo di studio.

Nel successivo **studio di coorte**, il rischio relativo viene stimato tenendo conto del tempo di esposizione che intercorre tra il giorno dell'arruolamento e l'accadimento dell'evento o il termine del follow-up (tassi di incidenza).

Ad avvalorare l'importanza dell'esposizione pregressa come potenziale fattore favorente lo sviluppo della malattia (agente causale), nello studio di coorte sono stati analizzati solo i soggetti (eventi e non eventi) che presentavano un'esposizione di almeno sei mesi.

Pur se nel caso in esame il vincolo statistico delle 10 osservazioni per categoria ha ridotto anche in questo approccio analitico e in misura maggiore le cause e le covariate esplorabili, per gli eventi e le cause studiate, lo studio di coorte ha rafforzato di fatto quanto già evidenziato nello studio di risk analysis,

confermando però come eccesso di rischio statisticamente significativo solamente quello per i ricoveri ospedalieri per "tutte le cause", sia per il primo ricovero (HR 1,15; IC95%: 1,02-1,29) che per tutti i ricoveri (HR 1,11; IC95%: 1,02-1,22).

Ferma restando la maggior affidabilità dei risultati dello studio di coorte, nella visione d'insieme dei 4 approcci di studio si deve osservare una coerenza tra gli studi descrittivi su piccola area (4 km) e i due studi analitici che concordano sulla criticità nell'area per i decessi e i ricoveri per "tutte le cause" e per i ricoveri per le malattie respiratorie acute e le malattie dell'apparato circolatorio.

Per concludere, per quanto riguarda gli eventi sanitari indagati nel presente studio si rileva, a livello di analisi descrittiva sui cinque comuni, una situazione sanitaria non particolarmente critica, caratterizzata tuttavia da un'incidenza superiore alla media regionale per le malattie cardiovascolari ed ischemiche del cuore. A livello locale nell'area prossima all'impianto, con i molti limiti legati alla ridotta popolazione (e casistica), si rilevano eccessi di rischio in sezioni di censimento e in aggregati di queste nel complesso per tutte le cause. Eccessi sporadici, localizzati e spesso costituiti da un numero esiguo di osservati (specie per le patologie tumorali) si rilevano in sezioni e in cluster anche per i decessi, per tutti ed alcuni tumori (prostata), e per malattie dell'apparato circolatorio. Altri eccessi localizzati si rilevano per i ricoveri per tutti ed alcuni tipi di tumore (colon, vescica) e, più in generale, per le malattie cardiovascolari e respiratorie acute.

Lo studio di coorte ha messo in evidenza che la residenza nelle aree di maggior ricaduta delle emissioni dell'impianto di incenerimento dei rifiuti ha mostrato incrementi del rischio per i ricoveri ospedalieri per "tutte le cause" e, con minor forza di associazione, dei decessi per "tutte le cause" e dei ricoveri ospedalieri per le

infezioni respiratorie acute (comprehensive dell'influenza e della polmonite) e per malattie dell'apparato cardiocircolatorio.

Nello studio di coorte, inoltre, al fine di tentare di sopperire alla ridotta potenza statistica dei test per molte cause degli eventi sanitari, si è provato a raggruppare tutte le cause che nello studio ISS Sentieri erano state associate con vario grado di forza all'esposizione alle ricadute degli inceneritori, aumentando così il numero degli osservati in analisi.

Anche queste indagini hanno rilevato un incremento di rischio di decessi e primi ricoveri ospedalieri per le popolazioni più esposte, ma senza tuttavia raggiungere la significatività statistica.

Queste analisi, in cui l'incremento del rischio potrebbe essere attribuito semplicemente al caso, portano tuttavia a non poter escludere che l'eccesso di rischio, dimostrato nelle precedenti indagini per i primi ricoveri ospedalieri per tutte le cause, sia legato a cause associabili all'esposizione alle ricadute dell'inceneritore.

Nel caso opposto, in cui cioè non si fosse rilevato un incremento del rischio per il gruppo di cause associabili all'esposizione, si sarebbe più verosimilmente potuto supporre che l'eccesso di rischio dei primi ricoveri avrebbe potuto essere attribuito a cause diverse e indipendenti dalle ricadute dell'inceneritore.

Pur premettendo che la ripetizione dello studio con un più lungo periodo di osservazione permetterebbe di aumentare la potenza statistica dei test e di indagare a fondo più eventi sanitari e cause di malattia, il fatto che la pressione ambientale sia stata attualmente modificata con lo spegnimento dell'impianto di incenerimento potrebbe non supportare la necessità di ulteriori approfondimenti analitici epidemiologici e/o di biomonitoraggio.

La disponibilità infine di altri dati sanitari, quali i registri di patologia (es. tumori e malformazioni) e gli esiti riproduttivi (CEDAP), potrebbero consentire altre e maggiormente dettagliate indagini su specifici eventi sanitari.

Rimane comunque di particolare interesse verificare, attraverso l'attivazione di un sistema di sorveglianza epidemiologica, se gli eccessi rilevati si mantengano invariati nel tempo, nonostante la riduzione della pressione ambientale avvenuta di recente con la chiusura dell'inceneritore.