



**DIEP/Lazio**

Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale  
Regione Lazio (ex ASL Roma E)



SISTEMA SANITARIO REGIONALE

**ASL  
ROMA 1**



**REGIONE  
LAZIO**

# **Effetti delle esposizioni ambientali ed occupazionali sulla mortalità della popolazione residente nell'area di Civitavecchia**

*Maggio 2016*

**A cura di:**

Carla Ancona, Chiara Antonucci, Lisa Bauleo, Simone Bucci, Marina Davoli e Francesco Forastiere

**Dipartimento di Epidemiologia SSR Lazio**

Augusto Pizzabiocca

**Dipartimento di Prevenzione, ASL Roma 4**

*Lo studio epidemiologico è stato condotto dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale della regione Lazio in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma 4 ed ARPA Lazio, nell'ambito del programma di attività dell'Osservatorio Ambientale Centrale Termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord della Regione Lazio. Si ringraziano Roberto Sozzi e Andrea Bolignano di ARPA Lazio per la messa a punto dei modelli di dispersione delle concentrazioni degli inquinanti emessi dalle fonti di pressione ambientale presenti nel territorio. Si ringrazia la Procura della Repubblica di Civitavecchia per aver facilitato l'acquisizione dei dati relativi ai contributi pensionistici INPS. Si ringraziano Stefania Massari ed Alessandro Marinaccio, Dipartimento di Medicina, Epidemiologia e Igiene del Lavoro e Ambientale, INAIL, per l'elaborazione dei dati INPS.*

---

## RIASSUNTO

Il comprensorio di Civitavecchia, che include i comuni di Civitavecchia, Allumiere, Santa Marinella, Tarquinia e Tolfa, è da anni oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione delle emissioni ambientali derivanti dagli impianti industriali e commerciali presenti nell'area: le centrali termoelettriche (Torrevaldaliga Nord -TVN- e Torrevaldaliga Sud- TVS) il porto e il traffico veicolare. Nel passato erano anche in attività la centrale termoelettrica ad olii combustibili di Fiumaretta ed un cementificio, entrambi situati nel contesto urbano di Civitavecchia.

In questo studio sono stati valutati gli effetti delle passate esposizioni ambientali ed occupazionali sulla mortalità della popolazione residente utilizzando il disegno epidemiologico della coorte residenziale. Con l'impiego dei dati delle anagrafi comunali è stata definita la coorte di popolazione. Ad ogni individuo della coorte, sulla base dell'indirizzo, sono stati attribuiti gli indicatori della esposizione alle fonti di inquinamento presenti nell'area utilizzando i risultati di modelli di dispersione in atmosfera degli inquinanti scelti come traccianti delle singole fonti. L'impronta al suolo delle concentrazioni degli inquinanti è stata stimata utilizzando le informazioni sulle emissioni, che per il periodo passato erano disponibili al 1988, sotto l'assunto che un'esposizione prolungata e cumulata nel tempo possa essere responsabile di danni alla salute per i residenti.

L'accertamento dello stato in vita e, per i deceduti, l'attribuzione della causa di morte è stata effettuata consultando i sistemi informativi sanitari della Regione Lazio. La coorte in studio è costituita dalle 71,362 persone, di età maggiore a 18 anni, residenti al 1 Gennaio 1996 (primo anno per il quale erano disponibili dati su supporto elettronico) nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tarquinia, Tolfa e Santa Marinella. Tutti i soggetti sono stati seguiti fino al 31 Dicembre 2013, ovvero fino alla data di morte o di emigrazione. Sono stati utilizzati gli archivi anagrafici comunali per l'arruolamento delle coorti residenziali e il Registro regionale delle Cause di Morte per la definizione degli esiti sanitari. Sono in studio i decessi per cause non accidentali, tumori, disturbi neurologici, patologie cardiovascolari e respiratorie. Il quadro integrato delle pressioni ambientali delle principali sorgenti emissive (siti industriali, traffico stradale) è stato ricostruito mediante il modello di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY. Tutte le simulazioni modellistiche, elaborate in collaborazione con ARPA Lazio, hanno considerato i dati orografici, meteorologici ed emissivi, questi ultimi relativi al 1988, ad indicare le emissioni del passato. Sono stati considerati come inquinanti traccianti: materiale particolato ( $PM_{10}$ ) di origine industriale per le centrali termoelettriche di Fiumaretta, di Torrevaldaliga Sud e di Torrevaldaliga Nord e del cementificio; ossidi di azoto ( $NO_x$ ) per il traffico stradale.

---

Per quanto riguarda il porto, sono stati considerati esposti tutti i residenti la cui abitazione si trovava entro una distanza di 500 metri dal suo perimetro; i dati sulle emissioni in atmosfera delle navi sono disponibili infatti solo per il periodo più recente e, poiché lo studio intende valutare gli effetti cronici dell'esposizione ambientale, si è ritenuto di usare la distanza dall'indirizzo di residenza dal perimetro del porto come indicatore dell'esposizione dell'individuo.

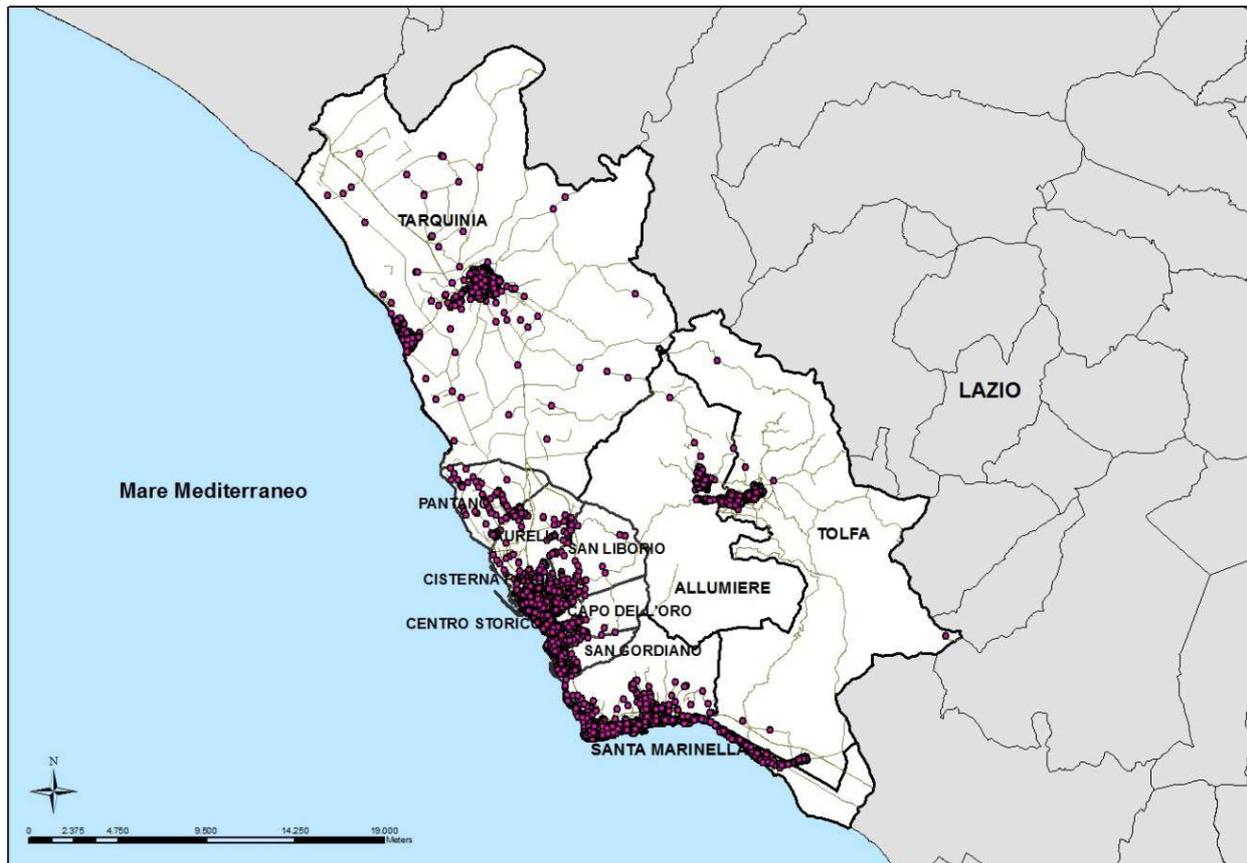
La coorte dei residenti è stata georeferenziata (attribuzione delle coordinate geografiche agli indirizzi di residenza dei soggetti inclusi nello studio), non solo per attribuire la misura dell'esposizione, ma anche per descrivere al meglio le caratteristiche individuali (livello socio-economico della sezione di censimento di residenza e la realtà circostante compresi altri eventuali fattori di pressione ambientale circostanti). Una procedura di record linkage con le informazioni relative ai contributi versati all'INPS dai lavoratori ha consentito di disporre di informazioni sulle passate attività lavorative.

L'associazione tra l'esposizione ai traccianti delle fonti inquinanti e la mortalità della coorte è stata valutata mediante il modello di sopravvivenza di Cox, tenendo conto di diversi fattori di confondimento. Nel caso del confronto tra un gruppo di esposti ed un gruppo di non-esposti, il Rischio Relativo (o Hazard Ratio, HR) stimato dal modello di Cox è stato calcolato come rapporto tra rischi di morte ed esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo degli esposti rispetto ai non-esposti. Nel caso di valori di esposizione continua, come quella agli inquinanti traccianti, il Rischio Relativo esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo dei soggetti esposti alle concentrazioni più elevate rispetto ai soggetti esposti alle concentrazioni più basse e viene espresso per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti. In questo studio tutte le procedure di record-linkage sono state effettuate in anonimato e nel pieno rispetto della normativa vigente sulla privacy.

## Risultati

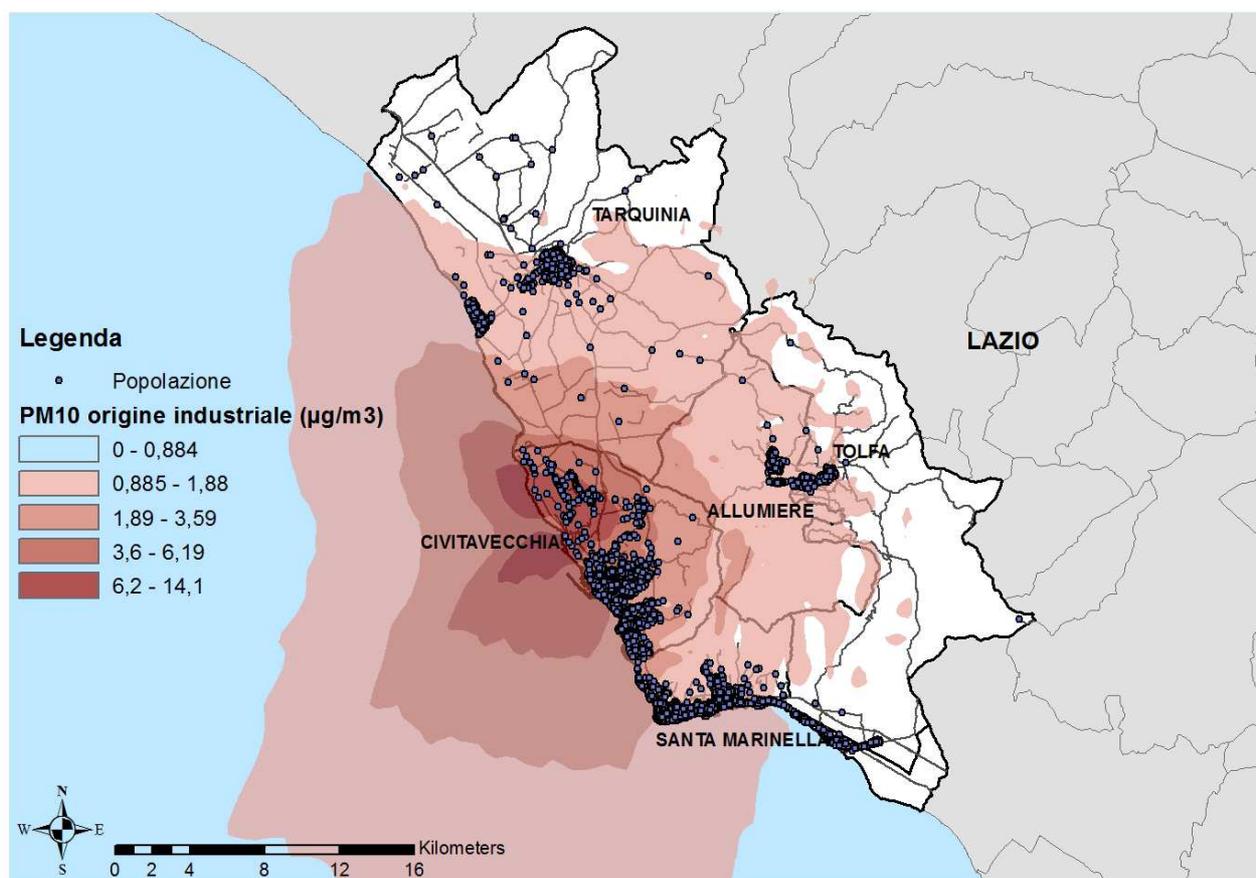
La coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia è composta di 71,362 persone residenti al 1996, di età superiore ai 18 anni, di cui il 52.3% donne. La figura 1 rappresenta la distribuzione geografica della popolazione studiata.

**Figura 1 - Popolazione residente nel comprensorio di Civitavecchia**



I risultati espressi in concentrazioni medie di  $PM_{10}$  e di  $NO_x$  per ciascuna fonte e per il totale delle fonti industriali sono riportati nel rapporto. Nella figura 2 sono rappresentate le concentrazioni medie annue al suolo di  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) di origine industriale, derivanti cioè dalle emissioni totali al 1988 delle centrali di TVN, TVS, Fiumaretta e del cementificio.

**Figura 2 - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) di origine industriale nel territorio del comprensorio relative all'anno 1988.**



Ad ogni soggetto della coorte è stato quindi attribuito, sulla base dell'indirizzo di residenza all'inizio dello studio, il livello di esposizione alle fonti di pressione ambientale presenti nell'area, ossia la concentrazione, stimata dai modelli di dispersione, dei traccianti specifici delle fonti e la distanza entro, o oltre, 500 metri dal porto.

La coorte dei residenti è risultata esposta a livelli medi annuali (Deviazione Standard -DS -, 50° percentile, range 95°-5° percentile) di PM<sub>10</sub> di origine industriale pari a 4.49 µg/m<sup>3</sup> (1.97, 4.27, 5.49), e a 5.80 µg/m<sup>3</sup> (3.86, 5.17, 12.77) di NO<sub>x</sub> da traffico stradale.

Circa il 40% delle persone della coorte (18,299 uomini and 10,047 donne) avevano versato contributi pensionistici INPS nel settore privato per almeno un anno prima dell'ingresso nella coorte. La categoria occupazionale prevalente è quella dei lavoratori del settore dei servizi, con 12,934 addetti; 5,073 persone sono state impiegate nell'edilizia e 4,881 in agricoltura (le altre frequenze di esposizione sono riportate nel testo).

Durante il periodo in studio (gennaio 1996 - dicembre 2013) tra i residenti sono stati osservati 14,844 decessi per cause non accidentali (32.3% tumori maligni, 39.1% malattie cardiovascolari, 6.4% malattie respiratorie). Il livello socio economico più svantaggiato è risultato associato ad una maggiore mortalità per malattie dell'apparato cardio-respiratorio.

---

Per una differenza di esposizione a PM<sub>10</sub> di origine industriale pari a 5.49 µg/m<sup>3</sup>, ovvero il range tra il 95° percentile (più esposti) ed il 5° (meno esposti) della distribuzione, a parità di età, genere, condizione socio-economica, tipo di occupazione e livelli di inquinamento derivanti dall'esposizione concomitante alle altre fonti presenti nell'area, si è osservato un aumento del rischio di mortalità per cause non-accidentali pari al 6% (HR=1.06 IC 95% 1.01-1.12). Per i tumori maligni l'eccesso è dell'11% e del 12% per le malattie cardiache. Tra le diverse sedi tumorali si osservano eccessi per il tumore del pancreas, della pleura e del rene.

L'esposizione a NO<sub>x</sub> scelto come tracciante del traffico stradale è associata nella coorte ad un eccesso della mortalità per tumori maligni pari al 13% (per un aumento del NO<sub>x</sub> pari a 12.77 µg/m<sup>3</sup>) e si è inoltre osservata una associazione con le malattie neurologiche.

La residenza entro 500 metri dal perimetro del porto è risultata associata ad incrementi di rischio di mortalità per tumore al polmone (+31%) e malattie neurologiche rispetto ai residenti in altre zone.

Per quanto riguarda le attività lavorative, si è osservato un eccesso di mortalità per tumori maligni tra i lavoratori del settore edile, in particolare per tumore polmonare, e un eccesso per malattie respiratorie; tra gli agricoltori si osservano eccessi per malattie cardiovascolari, respiratorie e dell'apparato digestivo. Singole associazioni sono state riscontrate per le specifiche categorie professionali secondo quanto riportato nel testo. Tutti i confronti sono stati effettuati prendendo come riferimento i lavoratori del settore dei servizi e le stime dell'effetto dell'esposizione occupazionale sono state effettuate tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio economico e delle esposizioni ambientali presenti nell'area.

In questo studio, tutti gli eccessi di mortalità segnalati sono significativi dal punto di vista statistico. Nello studio gli esiti di mortalità sono stati selezionati sulla base delle conoscenze disponibili sul tema inquinamento industriale e salute delle popolazioni residenti, ed è dunque difficile dunque che i risultati osservati siano dipendenti dall'elevato numero di confronti effettuati (*multiple testing*). Nello studio sono stati considerati in dettaglio i più importanti fattori di confondimento, quali lo stato sociale e l'esposizione occupazionale. Mancano tuttavia dati sulle abitudini personali (fumo di sigarette, attività fisica, uso di alcol, ecc) difficili da raccogliere in uno studio così ampio. Tali abitudini sono molto legate alla condizioni sociale e aver considerato lo stato socioeconomico tiene conto in gran parte di tali caratteristiche. Infine, l'alta correlazione esistente tra le esposizioni derivanti dalle fonti di pressione ambientale presenti in questo territorio (legata alla vicinanza geografica degli impianti) limita di molto la possibilità di attribuire, con ragionevole certezza, gli effetti osservati ad una fonte specifica.

Gran parte degli eccessi osservati sono coerenti con quanto già noto circa gli effetti dell'inquinamento atmosferico – specie di origine industriale - e da traffico stradale sulla salute delle popolazioni esposte. L'associazione tra inquinamento atmosferico e mortalità generale, i

---

tumori (in particolare quelli del tratto respiratorio) e le malattie cardiovascolari è stata già descritta in letteratura ed è ritenuta di natura causale dalla Organizzazione Mondiale della Sanità. L'eccesso di mortalità per tumori della pleura era già stato ben documentato tra i lavoratori marittimi e portuali di Civitavecchia per la pregressa esposizione ad amianto, e tale esposizione ad amianto in ambito lavorativo ed ambientale nel territorio potrebbe essere responsabile di parte dei tumori del polmone osservati nella coorte, specie in prossimità del porto. L'eccesso di mortalità per tumori e per tumore polmonare tra i lavoratori edili, anche per effetto della pregressa esposizione ad amianto, rappresenta un dato rilevante per le azioni di prevenzione e di salvaguardia dei diritti per questa categoria lavorativa.

In conclusione, gran parte degli eccessi di mortalità osservati nella coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia più esposti agli inquinanti di origine industriale sono coerenti con le indicazioni della letteratura scientifica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico (mortalità generale, per tumori, per malattie cardiovascolari) e sulla base delle evidenze scientifiche disponibili è possibile suggerire un nesso di causalità. La popolazione residente del comprensorio ha dunque subito effetti sulla salute ascrivibili ad esposizioni ambientali ed occupazionali avvenute nel passato. Tali effetti si sommano ai differenziali sociali nella mortalità riscontrati nell'area. Proprio perché lo stato di salute risulta oggi compromesso a seguito di esposizioni ambientali dei decenni trascorsi, è indispensabile attuare oggi le misure di prevenzione primaria limitando la esposizione della popolazione a tutte le fonti inquinanti presenti sul territorio legate agli impianti energetici, al riscaldamento, al traffico stradale e al traffico marittimo.

---

## 1. INTRODUZIONE

Il comprensorio di Civitavecchia si trova sul litorale romano a nord della provincia di Roma e comprende i comuni di Civitavecchia, Santa Marinella, Allumiere, Tolfa e Tarquinia. Il comune di Civitavecchia è uno dei più popolosi della provincia romana e conta 52,911 residenti, Santa Marinella 18,680, Tarquinia 16,482, Allumiere e Tolfa hanno rispettivamente 4,105 e 5,220 abitanti (dato ISTAT 2014). Quest'area è interessata da diversi decenni da un quadro ambientale complesso per la presenza del porto e di insediamenti energetici ed industriali. Per questo motivo l'area è oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi da questi impianti.

Nel territorio del comprensorio di Civitavecchia insistono oggi diverse fonti di pressione ambientale, due centrali termoelettriche (Torrevaldaliga Nord e Torrevaldaliga Sud), il porto, il traffico veicolare ed il riscaldamento civile. In passato sono state in attività la centrale elettrica ad olii combustibili di Fiumaretta ed un cementificio.

Le informazioni di seguito sintetizzate sulle principali fonti di pressione ambientale presenti nel comprensorio derivano dai rapporti dell'Osservatorio Ambientale Centrale Termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord, attivo da marzo 2010 nella regione Lazio, a seguito della trasformazione a carbone della centrale termoelettrica ENEL di Civitavecchia, ai quali si rimanda per una trattazione più estesa<sup>1-3</sup>.

Il polo termoelettrico di Torrevaldaliga, composto oggi dagli impianti Torrevaldaliga Nord (TVN) e Torrevaldaliga Sud (TVS) costituisce un sito energetico di importanza nazionale. Il polo è ubicato in un'area, nel territorio del Comune di Civitavecchia, a circa 2 km a N-NW in linea d'aria dalla città, tra la costa tirrenica e la linea ferroviaria Roma-Pisa. Nel passato era attiva anche la centrale di Fiumaretta, ubicata in prossimità del centro di Civitavecchia.

La centrale di Torrevaldaliga Nord attiva nel territorio del comune di Civitavecchia a partire dagli anni '60 nasce come centrale termoelettrica ad olio combustibile ed è composta da 4 gruppi con una capacità totale di 2,640 MW. E' stata riconvertita a carbone con procedimento autorizzativo del 2003, è costituita da tre sezioni di combustione ed ha una potenza termica di 4,260 MW, una potenza elettrica di 1980 MW (660 MW a sez.) ed un rendimento complessivo del 44,7 %. I gas combusti vengono dispersi in atmosfera mediante tre canne metalliche con analoghe caratteristiche: temperatura di uscita dei fumi 110 °C, velocità di uscita dei fumi 16 m/s, diametro interno del camino 5,7 m. Le tre canne sono situate all'interno di una ciminiera alta 250 metri.

La centrale Torrevaldaliga Sud è stata attivata tra il 1964 ed il 1973. L'impianto, originariamente costituito da tre gruppi (1-2-3) da 320 MW elettrici ciascuno e da un gruppo da 180 MW elettrici, ha subito profonde modifiche nel tempo ed i gruppi 1-2-3 sono stati trasformati in gruppi a ciclo combinato – due nuove sezioni denominate TV5 (800 MW) e TV6

---

(400 MW) – entrando in funzione nel 2005. La configurazione del nuovo impianto prevede 2 moduli a ciclo combinato. Tale tecnologia comporta la combustione del gas naturale in turbogas con diretta produzione di energia elettrica ed il successivo recupero del calore residuo dei fumi di combustione attraverso la generazione di vapore impiegato per l'ulteriore produzione di energia attraverso una turbina a vapore, con connesso turboalternatore. La sezione TV5 (che ha sostituito i gruppi 1 e 2), configurata con due linee turbogas e una a vapore, ha una produzione totale di 760 MW elettrici e un carico termico di 1,472 MW t. La sezione TV6 (che ha sostituito il gruppo 3) configurata con una linea turbogas e una a vapore, ha una produzione totale di 380 MW elettrici ed un carico termico di 750 MW t. I nuovi gruppi in ciclo combinato bruciano come combustibile esclusivamente gas naturale, già presente ed utilizzato in centrale, che arriva attraverso un metanodotto. Il quarto gruppo (TV4), funzionante con un mix di combustibili gas naturale e olio, è tenuto a disposizione delle esigenze della rete elettrica nazionale, così come prescritto dal decreto autorizzativo della riconversione.

Dal 1953 al 1990 è stata in attività la centrale "Fiumaretta" localizzata nel territorio del comune di Civitavecchia. Questa centrale, alimentata fino al 1957 a carbone e poi ad olio combustibile, provvedeva ad alimentare la rete elettrica nazionale arrivando ad una potenza di 240 MW. Il trasporto del carbone dal porto alla centrale avveniva a suo tempo mediante camion. Il carbonile all'interno della centrale era a cielo aperto e aveva una capienza di 20000 tonnellate per un'autonomia di circa 7 giorni di produzione. Nel 1957 il carbone venne abbandonato come combustibile e nel 1958 entrò in funzione una nuova seconda unità di produzione con potenza di 140 MW e venne costruita una seconda ciminiera. Alla fine degli anni 60 si iniziò a costruire una terza unità di produzione con potenza di 240 MW. A metà degli anni '70 a causa della sua bassa produttività venne dismessa la prima unità. Nel 1990, a seguito dell'esplosione della terza unità, l'impianto venne chiuso.

Nel polo termoelettrico di Torrevaldaliga sono oggi presenti i depositi costieri dove vengono approvvigionati e stoccati carburanti (*jet fuel*, gasolio, benzina, *heavy fuel*) per la distribuzione ad infrastrutture (ad es. aeroporti), alla rete di distribuzione (stazioni di servizio stradali) o direttamente agli utenti (gasolio da riscaldamento).

Il porto di Civitavecchia può contare oggi su 26 moli operativi e 23 attracchi per yacht tra i 40 ed i 100 metri disposti su 17 km di banchine. Le principali caratteristiche commerciali dello scalo sono il collegamento con la Sardegna, mediante linee giornaliere di traghetti, di passeggeri e di merci su gomma e ferrovia e il rifornimento di combustibili liquidi per l'aeroporto di Fiumicino, per le centrali di Torrevaldaliga e di Montalto di Castro. Lo scalo gestisce gli scambi con la Sardegna e i traffici internazionali di graniglia, carbone, rottami di ferro in arrivo e colli di grande dimensione in partenza. Il porto è inoltre strategico per l'accesso alle più importanti zone turistiche italiane ed alle grandi rotte crocieristiche mediterranee. Le opere di potenziamento delle banchine e delle strutture di accoglienza dei passeggeri hanno permesso di registrare uno

---

straordinario incremento di navi da crociera, passando dalle 50 navi del 1996 alle 500 unità del 2003 e ai circa 950 attracchi annui di navi da crociera attuali ai quali si aggiungono i 1,500 traghetti che portano il traffico passeggeri annuo dello scalo a circa 4 milioni di unità. Le banchine merci fanno registrare poco meno di 500 accosti l'anno cui si aggiungono i 36 accosti alla boa petrolifera ed i 120 accosti alle banchine carbone e calcare/gesso dell'impianto di Torrevaldaliga Nord. Il porto è sicuramente una fonte di pressione ambientale in quanto rappresenta una importante sorgente di emissioni convogliate (dai camini delle navi e i veicoli in transito) e diffuse (carbone, metalli, idrocarburi, etc).

Il cementificio era in funzione fin dal 1918 e la fabbrica è rimasta un'importante realtà produttiva per tutto il corso degli anni Sessanta e Settanta, diventando uno degli impianti fondamentali nella produzione del cemento bianco. Con la ristrutturazione aziendale del 1982 e l'espansione della Società nei mercati esteri, si è avviata invece la progressiva dimissione dell'impianto. Tra il 1992 e il 1995 gli altoforni sono stati progressivamente spenti, lasciando attiva solo la macinazione. L'intero processo produttivo venne quindi trasferito a Izmir (Turchia) sul mar Egeo. Nel 2000 chiudeva anche la macinazione, rimanendo attivo il solo stoccaggio di pochissime merci; nel 2004 veniva completata la dismissione dell'impianto <sup>4</sup>.

### **1.1 Indagini epidemiologiche condotte nell'area**

Negli anni '80 e '90 sono stati condotti studi epidemiologici sui lavoratori dei diversi comparti industriali di Civitavecchia e sono stati evidenziati eccessi di mortalità per tumore del polmone e della pleura tra i lavoratori portuali <sup>5</sup>, i marittimi <sup>6</sup> e gli addetti alle centrali ENEL del comprensorio <sup>7</sup>. Per quanto riguarda la popolazione residente, le prime indagini sui possibili danni dell'inquinamento atmosferico nell'area di Civitavecchia risalgono al 1987 quando, su iniziativa regionale, fu condotta una indagine epidemiologica tra i bambini delle scuole elementari che evidenziò una maggiore frequenza di disturbi respiratori tra gli alunni dell'area di Civitavecchia rispetto a quelli della provincia di Viterbo <sup>8,9</sup>. Uno studio caso controllo condotto sui residenti deceduti per tumore polmonare ha riscontrato rischi relativi significativamente elevati per alcune esposizioni lavorative, in particolare esposti ad amianto e impiegati come lavoratori marittimi, confermando dunque i dati degli studi occupazionali specifici. Nello stesso studio veniva registrata una mortalità per tumore polmonare più elevata nella zona a sud della città a pochi km dal centro <sup>10</sup>. Lo studio condotto da Fano et al. <sup>11</sup> ha analizzato la mortalità e i ricoveri ospedalieri dei residenti nel comune di Civitavecchia nei periodi 1997-2004 evidenziando, in coerenza con i dati già disponibili, eccessi di tumore polmonare e pleurico e di asma bronchiale. Da marzo 2010 è attivo nella regione Lazio l'Osservatorio Ambientale Centrale Enel Torrevaldaliga Nord di Civitavecchia, a seguito della trasformazione a carbone della centrale termoelettrica ENEL di Civitavecchia (TVN), con il fine

---

di esaminare e di valutare le ricadute ambientali e sulla salute pubblica dell'impianto rispetto al territorio interessato.

Nel biennio 2013-14 il Dipartimento di Epidemiologia del SSR della regione Lazio ha condotto lo studio ABC (Ambiente e Biomonitoraggio nell'area di Civitavecchia), in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma 4, il Dipartimento di Cardiologia e il Laboratorio di Analisi dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia, il Dipartimento Salute Ambiente dell'Istituto Superiore di Sanità, il Dipartimento Medicina, Epidemiologia e Igiene del lavoro ed Ambientale dell'INAIL, la Medicina del Lavoro e Tossicologia della Azienda Ospedaliera di Perugia e la Fondazione Bioteca di Sarroch. Lo studio è stato supportato dalla Autorità Portuale di Civitavecchia. Per 1,177 residenti, di età compresa tra 35 e 70 anni, casualmente estratti dagli archivi anagrafici dei comuni del comprensorio, è stato definito un profilo dello stato di salute (misure antropometriche, prove di funzionalità respiratoria, analisi chimiche del sangue e delle urine, carta del rischio cardiovascolare) e un profilo tossicologico (determinazione della concentrazione di sostanze tossiche nel sangue e nelle urine). In particolare, lo studio di biomonitoraggio umano ha valutato in laboratorio la concentrazione dei metalli nelle urine e nel sangue; dei metaboliti degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle urine; dei metaboliti del benzene e della nicotina nelle urine. Il rapporto completo dello studio ABC è disponibile sul sito [www.deplazio.net](http://www.deplazio.net) al quale si rimanda per approfondimenti.

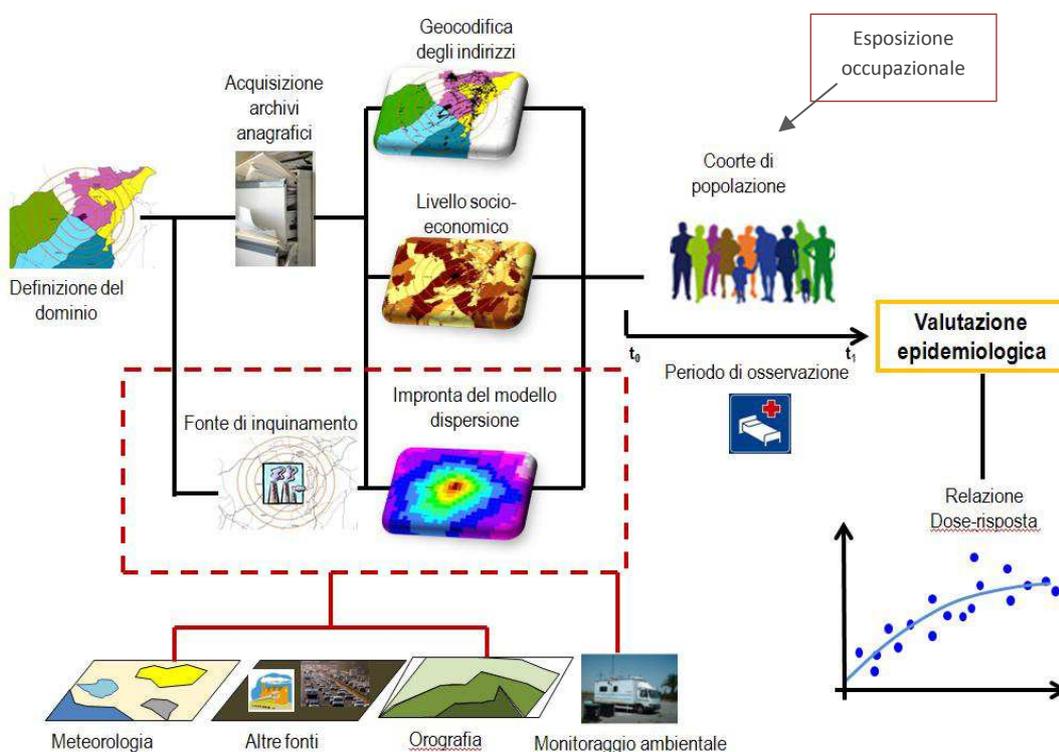
## **Obiettivo**

Il presente studio ha lo scopo di valutare gli effetti delle pregresse esposizioni industriali, del traffico urbano e della residenza in prossimità del porto sulla mortalità della coorte dei residenti nell'area di Civitavecchia. Lo studio intende inoltre valutare l'effetto sulla mortalità delle esposizioni in ambito lavorativo.

## 2. METODOLOGIA

La metodologia utilizzata in questo studio è riassunta nella Figura 3. Essa prevede l'uso degli archivi anagrafici comunali per l'arruolamento delle coorti residenziali e i Sistemi Informativi Sanitari regionali per la definizione degli esiti sanitari. L'esposizione viene definita sulla base dell'impronta delle concentrazioni al suolo di specifici inquinanti considerati come traccianti di ciascuna fonte di pressione ambientale presente nel territorio: tale impronta è stimata utilizzando opportuni modelli di dispersione degli inquinanti scelti come traccianti. Le coorti dei residenti sono georeferenziate (attribuzione delle coordinate geografiche agli indirizzi di residenza dei soggetti inclusi nello studio), non solo per attribuire ad ognuno la misura dell'esposizione, ma anche per descrivere al meglio le caratteristiche individuali (livello socio-economico) e la realtà circostante (eventuali altri fattori di pressione ambientale presenti nel territorio, incluso il traffico stradale). Una procedura di record linkage con gli archivi dei versamenti effettuati a fine pensionistici è utilizzata per attribuire l'esposizione occupazionale a ciascun residente. Queste procedure consentono di stimare l'associazione tra inquinamento industriale e mortalità al netto dell'effetto del potenziale effetto confondente delle esposizioni occupazionali e del livello socio-economico dei residenti.

**Figura 3 - Metodologia integrata ambiente e salute**



Fonte: Ancona et al. Epidemiologia & Prevenzione 2014

---

## 2.1. Valutazione dell'esposizione della popolazione residente

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente nei pressi di impianti industriali si basa solitamente sulla distanza tra l'impianto (un punto, nel caso di un camino, un perimetro nel caso di un porto, una linea nel caso di una strada) e la residenza del soggetto, nell'ipotesi che il rischio aumenti all'avvicinarsi alla fonte. Tale approccio non considera la complessità dei meccanismi che intervengono nella dispersione degli inquinanti in aria, dovuta principalmente alla meteorologia e all'orografia del territorio. I modelli di dispersione consentono di tenere conto di questi aspetti, restituendo mappe di concentrazione degli inquinanti che rappresentano l'impronta al suolo dell'impianto considerato. La misura dell'esposizione della popolazione residente nel comprensorio è stata stimata considerando le impronte al suolo degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti in studio e del traffico stradale. Tutti i dati emissivi considerati fanno riferimento al dato disponibile per il 1988 quando erano in attività, oltre alle fonti di pressione ambientale ancora presenti nel comprensorio (TVN e TVS) anche il cementificio e la centrale di Fiumaretta. Per il traffico stradale l'impronta al suolo di NO<sub>x</sub> si riferisce ad una campagna di misurazione del traffico effettuata nel periodo 2013-2014 nel corso dello studio ABC. Per il porto di Civitavecchia, in assenza di informazioni sulle emissioni del passato si è considerato come proxy di esposizione della popolazione residente la distanza entro ed oltre 500 metri dal perimetro del porto.

Il dominio di simulazione modellistica (50 km x50 Km) è stato scelto in modo tale da includere tutti i comuni del comprensorio.

Le emissioni degli inquinanti emessi dalle fonti industriali (centrali di TVN, TVS, Fiumaretta e cementificio) sono state ricavate dal Censimento delle sorgenti di emissione e calcolo degli inquinanti emessi in atmosfera nel comprensorio di Civitavecchia, Tarquinia e Santa Marinella (SEPA)<sup>12</sup>. Tale inventario fu promosso dal Dipartimento Protezione Ambientale e Salute dell'Uomo dell'E.N.E.A e fa riferimento all'anno 1988. E' ovvio che tale documento rappresenta una fonte preziosa ed unica per caratterizzare l'area nel passato. Le emissioni annue sono state calcolate a partire dai valori mensili ed è stata ipotizzata una emissione costante sull'intero periodo simulato.

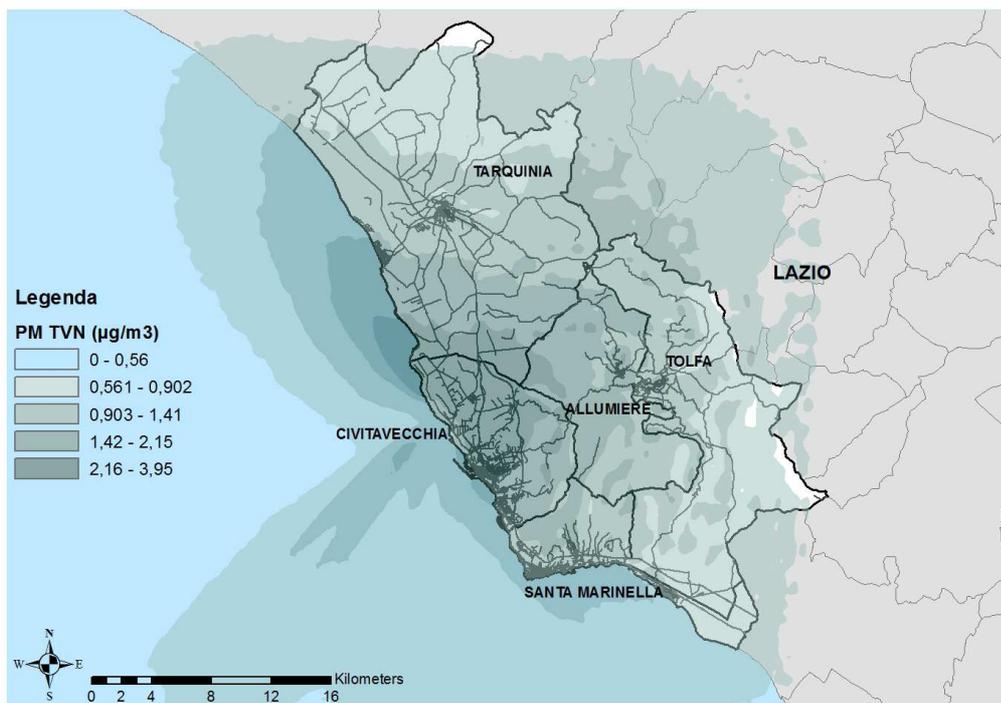
Il modello di dispersione usato è il modello Lagrangiano a particelle non stazionario "SPRAY"<sup>13</sup> e le informazioni meteorologiche sono quelle generate dal modello RAMS<sup>14</sup>. I risultati delle simulazioni modellistiche hanno consentito di ottenere per ciascuna fonte di pressione ambientale l'impronta al suolo dell'inquinante scelto come tracciante della fonte stessa. Il tracciante scelto per TVN, TVS, Fiumaretta e il cementificio è il PM<sub>10</sub>.

Qui di seguito vengono presentate le simulazioni modellistiche ottenute per ciascuna fonte (Figure 4-7); la scala cromatica utilizzata suggerisce le aree a maggiore o minore

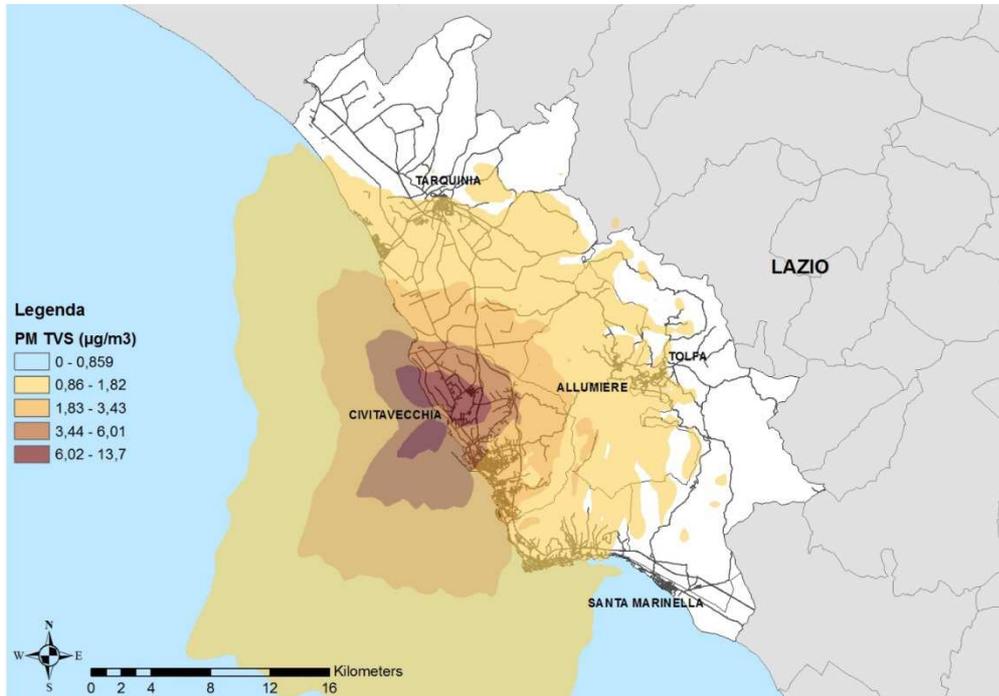
concentrazione degli inquinanti emessi dalle singole fonti. È importante sottolineare che i valori medi annuali ottenuti sono affetti da incertezza a causa delle assunzioni tipiche dell'approccio modellistico (ad. esempio la meteorologia o i fattori emissivi). Quindi più che il confronto dei valori assoluti delle concentrazioni la mappa deve essere usata per la valutazione dei gradienti relativi di esposizione della popolazione tra un punto ed un altro del campo di ricaduta.

L'impronta della centrale TVN si estende sull'intero Comprensorio di Civitavecchia e ciò deriva principalmente dal fatto che l'emissione dei fumi ha luogo ad una quota molto elevata (250 m) con un galleggiamento (meccanico e termico) tale da produrre un sovrainnalzamento del plume dell'ordine di 1 - 2 volte l'altezza fisica della ciminiera. L'impronta della centrale TVS ha una ricaduta più locale in funzione della ridotta altezza del camino e lo stesso si può affermare per l'impatto sul territorio della centrale di Fiumaretta e del cementificio.

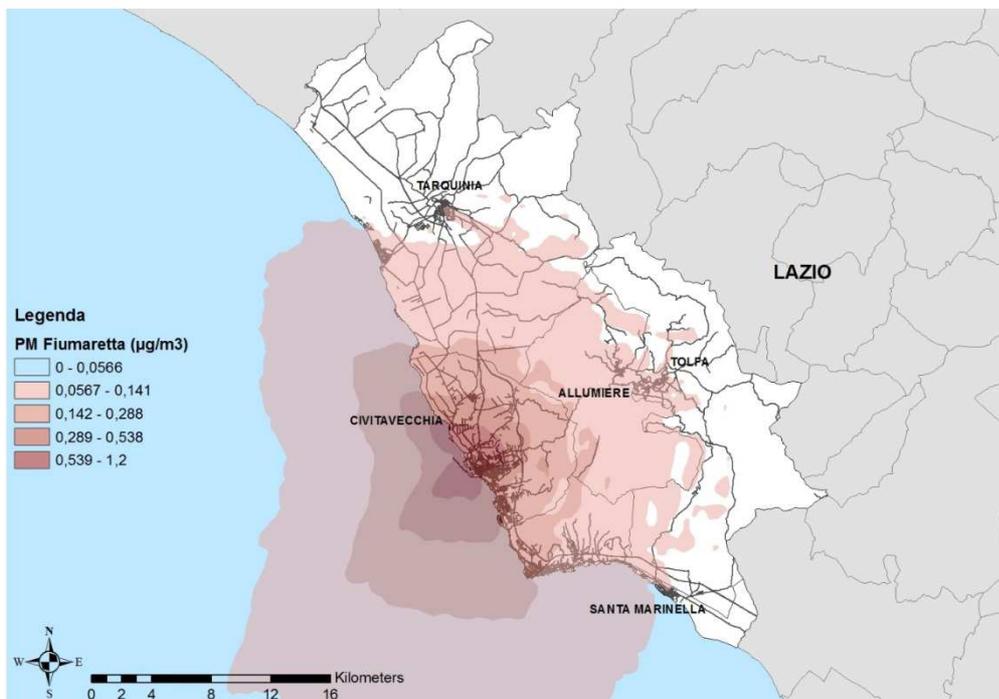
**Figura 4 - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio ottenute tramite modello di dispersione per la centrale termoelettrica di TVN relative all'anno 1988.**



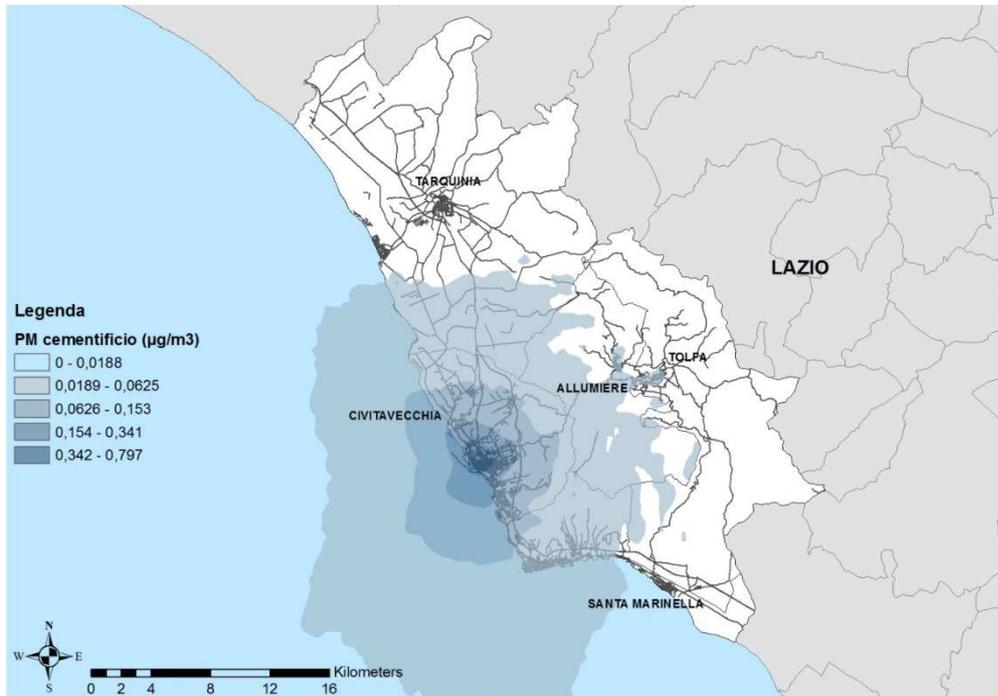
**Figura 5. Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio ottenute tramite modello di dispersione per la centrale termoelettrica di TVS relative all'anno 1988.**



**Figura 6 - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio ottenute tramite modello di dispersione per la centrale di Fiumaretta relative all'anno 1988**



**Figura 7 - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio ottenute tramite modello di dispersione per il cementificio relative all'anno 1988**

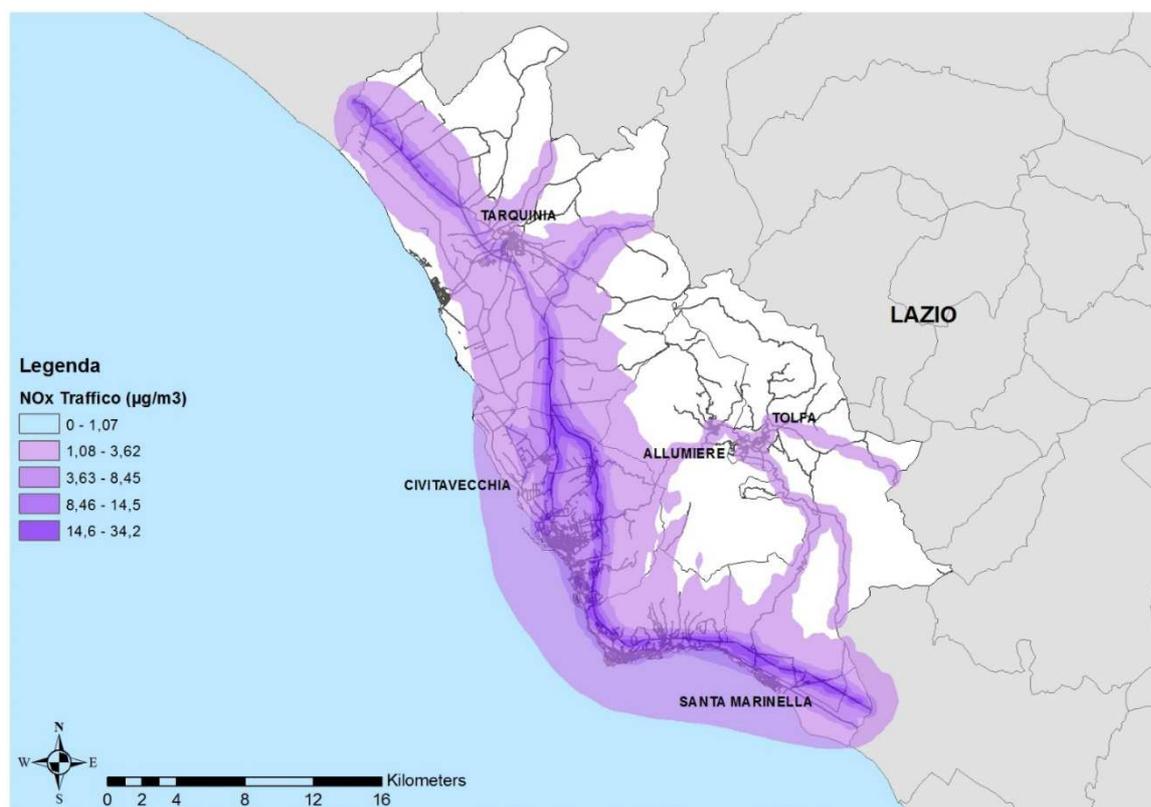


Il traffico veicolare è, insieme alle emissioni degli impianti di riscaldamento civile, la principale sorgente di inquinamento atmosferico negli ambienti urbani. Nel corso del progetto ABC, ambiente e biomonitoraggio a Civitavecchia, sono state realizzate due campagne di misurazione del traffico stradale nei comuni del comprensorio, una estiva (luglio 2013) e una invernale (marzo 2014). Sono state effettuate delle rilevazioni del flusso veicolare per le principali categorie di strade presenti nel territorio. La scelta della strade su cui effettuare la rilevazione ha considerato sia la classificazione dei tratti stradali, dando maggior risalto a quelli catalogati come più trafficati, sia della densità abitativa dell'isolato. In ogni campagna è stato misurato il numero di veicoli pesanti e quello di veicoli leggeri transitati in un intervallo di 15 minuti in ogni tratto stradale scelto. A partire da questi dati è stato ricostruito il flusso totale di autoveicoli (leggeri e pesanti) delle 24 ore per ciascun tratto e, tenendo conto delle due tipologie di rilevazioni (invernale e estiva), è stata ricostruita una modulazione mensile del traffico. Per il tratto autostradale presente nel territorio è stato utilizzato il flusso settimanale di traffico leggero e pesante relativo alla Roma-Fiumicino (dati ANAS 1995 aggiornati al 2005), che è stato moltiplicato per ottenere quello annuale, considerando il traffico a modulazione costante durante l'anno.

Le simulazioni modellistiche sono state effettuate associando a ciascun tratto stradale il flusso annuo (veicoli/anno) in base alla categoria. Questo numero è stato moltiplicato per la

lunghezza della strada in questione (km) e per il fattore emissivo relativo (che dipende dall'inquinante e dalla tipologia di veicolo, espresso in g/(veicoli\*km)). In questo modo si è ottenuto un fattore emissivo in g/anno che è stato trasformato in tonnellate annue. Il meteo scelto è quello del 2012. I risultati delle simulazioni realizzate per il traffico leggero e quello pesante sono state poi sommate per ottenere una concentrazione complessiva (Figura 8). Il tracciante scelto per il traffico stradale è l'NO<sub>x</sub>.

**Figura 8 - Concentrazioni medie annue al suolo di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio, ottenute tramite modello di dispersione del traffico stradale nel comprensorio di Civitavecchia, 2014**

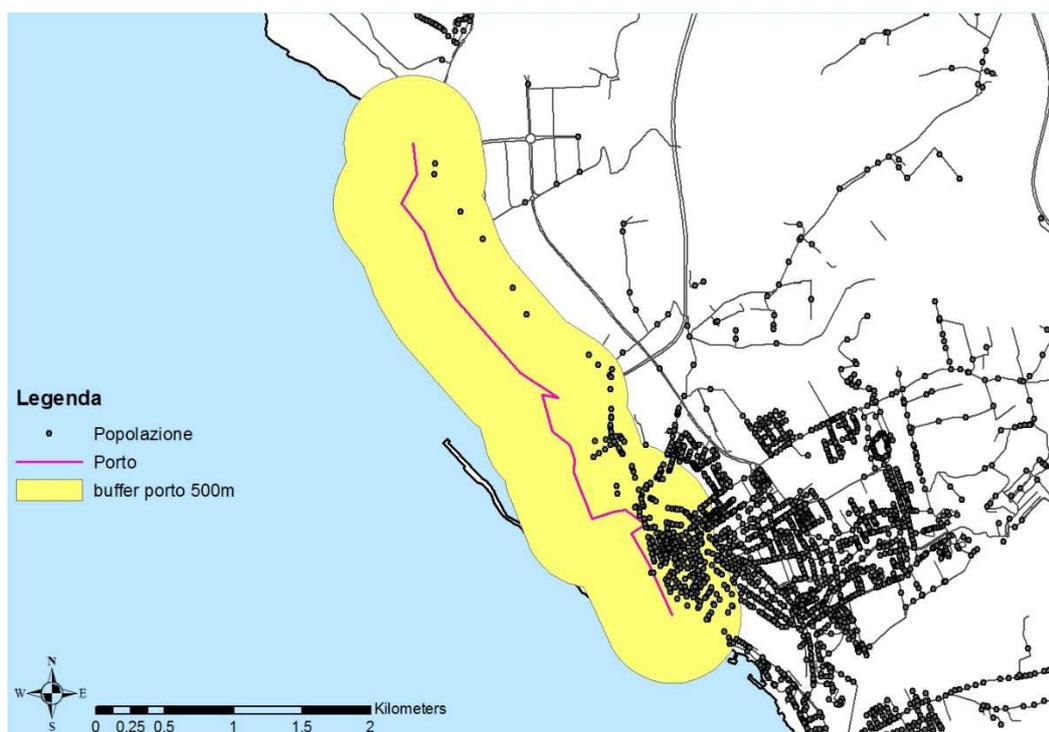


L'impronta del traffico autoveicolare è diversa da quella ottenuta per gli impianti industriali. Infatti essa risulta concentrata attorno alle fonti di emissioni, che sono localizzate al suolo, e si estende anche trasversalmente al grafo stradale. I valori di concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> ottenuti dal modello non sono trascurabili e sono dell'ordine di 30 µg/m<sup>3</sup> per le zone urbanizzate. Per fare considerazioni operative è necessario ricordare che l'inquinante considerato dalla norma vigente è il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) che è una frazione degli ossidi di azoto totali. Ipotizzando realisticamente che il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> sia inferiore 0.5, i valori ottenuti dalla simulazione modellistica risultano confrontabili con quanto rilevato dal sistema di monitoraggio della qualità dell'aria operativo nel comprensorio (circa 15 µg/m<sup>3</sup> nel 2014) facendo del traffico autoveicolare una delle principali cause di inquinamento locale di NO<sub>2</sub>. E'

ovvio che in questo lavoro si assume che i gradienti spaziali relativi delle concentrazioni di ossidi di azoto da traffico siano stati costanti negli anni passati, anche in presenza di valori assoluti diversi per effetto delle variazioni dei flussi di traffico.

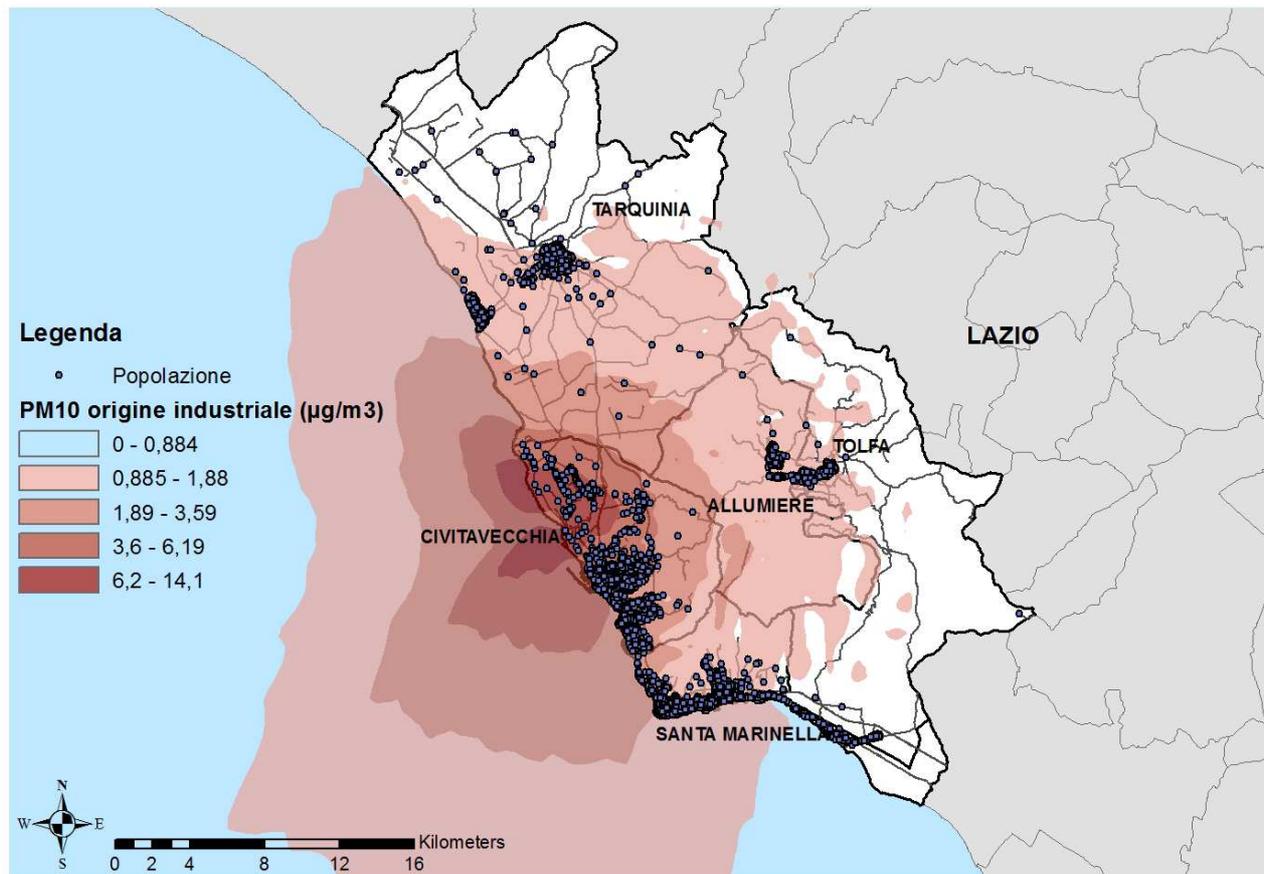
In assenza di informazioni affidabili sui dati emissivi del passato delle attività portuali, in questo studio la distanza lineare tra la residenza dei soggetti e il perimetro del porto è stata considerata come indicatore dell'esposizione all'inquinamento del porto. Sono stati considerati come esposti tutti i residenti che vivevano entro 500 metri dal porto (Figura 9).

**Figura 9 – Perimetro del porto e area di 500 metri intorno al porto**



A causa della vicinanza geografica tra le fonti industriali presenti in questa area, le correlazioni tra gli inquinanti stimati per la singola fonte sono piuttosto elevate. Oltre alle singole fonti si è quindi deciso di considerare il totale delle emissioni stimate di  $PM_{10}$  di origine industriale. Nella figura 10 si riporta il risultato del modello di dispersione del  $PM_{10}$  di origine industriale.

**Figura 10 - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) di origine industriale nel territorio del comprensorio di Civitavecchia relative al 1988.**



La dispersione del PM<sub>10</sub> industriale deriva dunque da camini di altezze molto variabili (da 29m del cementificio, responsabile di una dispersione più locale, fino a 250m di TVN, responsabile di una più ampia dispersione) e l’impatto coinvolge tutta l’area del comprensorio di Civitavecchia.

---

### **3. LO STUDIO DI COORTE DEI RESIDENTI NEL COMPRESORIO DI CIVITAVECCHIA**

#### *Selezione della coorte e georeferenziazione degli indirizzi di residenza*

Agli uffici anagrafici dei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella è stata inviata una lettera di richiesta dati della popolazione residente dal 1 gennaio 1996 al 31 dicembre 2013 e di tutti coloro che sono entrati (per nascita o immigrazione) o usciti dal comune (per morte o emigrazione) nel periodo in studio. L'anno 1996 è giustificato dalla disponibilità di dati su supporto informatico.

Per ogni residente sono state richieste le informazioni anagrafiche, l'indirizzo di residenza e tutte le date relative ad eventuali movimenti da e per il comune (data di emigrazione, immigrazione). Sono stati richiesti anche i cambiamenti di residenza all'interno dello stesso comune se disponibili.

I dati inviati dagli uffici anagrafici sono stati sottoposti a controlli di qualità per testare la completezza e la coerenza delle informazioni. I controlli includevano l'accertamento della coerenza all'interno del dataset (numero di nati/immigrati/morti/emigrati non molto diveso da un anno all'altro) e il controllo con i dati forniti dall' ISTAT.

Per valutare lo stato in vita sono stati usati i dati anagrafici e il registro nominative delle cause di morte regionale (ReNCaM) che include tutti i decessi della popolazione residente. Lo stato in vita per le persone che erano emigrate fuori dall'area nel periodo in studio (1996-2013) è stato verificato mediante record linkage con l'anagrafe sanitaria regionale. I soggetti sono stati considerati a rischio fino alla loro morte o fino all'emigrazione dalla regione o fino alla fine del follow-up (31 Dicembre 2013).

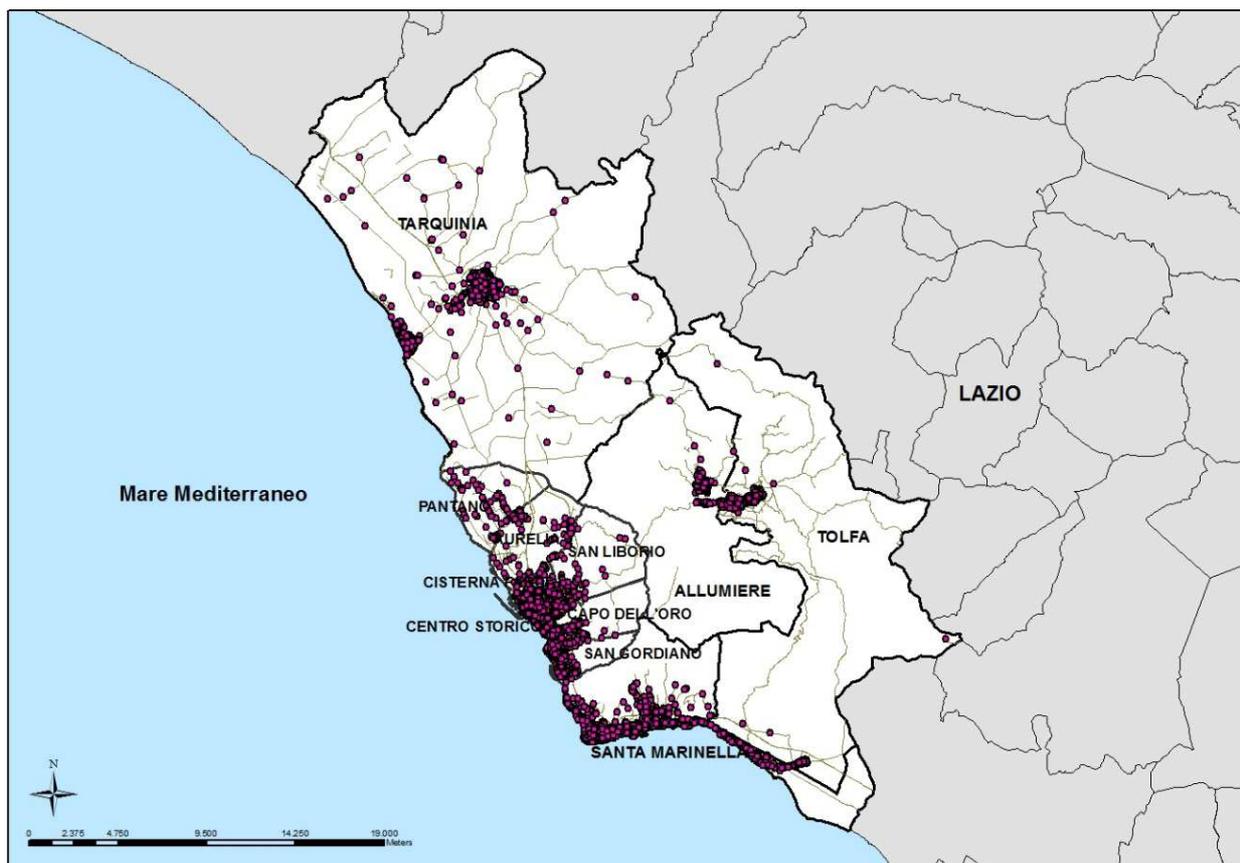
L'attribuzione della causa di decesso è stata effettuata attraverso una procedura di record linkage con RenCaM.

La popolazione dei comuni interessati è stata georeferenzata mediante l'utilizzo del programma ArcGis. Per georeferenziazione si intende l'attribuzione ad un indirizzo della informazione relativa alla sua dislocazione geografica. Nella figura 8 la distribuzione geografica della coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia.

In questo studio tutte le procedure di record-linkage sono state effettuate garantendo l'assoluto anonimato, secondo precise regole nella gestione dei sistemi informativi regionali, e nel pieno rispetto della normativa vigente sulla privacy.

Lo studio di coorte è stato condotto sui 71,362 residenti che al 1 gennaio 1996 avevano compiuto 18 anni (residenti a Civitavecchia 51.3%, Santa Marinella 22.5%, Tarquinia 16.8% Tolfa 5.2%, Allumiere 4.2%).

**Figura 11 – Distribuzione geografica della coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia.**



Gli esiti in studio sono la mortalità naturale e la mortalità causa specifica relativamente a quelle cause di morte per le quali esistono delle ipotesi *a priori* di associazione con le esposizioni ambientali ed occupazionali tipiche di questa area. Le cause di morte analizzate e i relativi codici ICD IX sono riportati nell'appendice 1 di questo rapporto.

Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato, per ciascuna fonte di pressione ambientale in studio, il valore di inquinante tracciante stimato all'indirizzo di residenza alla data di ingresso nella coorte.

### *Occupazione e altri confondenti*

Ogni soggetto della coorte è stato cercato all'interno del database dell'Istituto Nazionale della Previdenza Sociale (INPS), che include informazioni sui contributi versati a fini pensionistici da tutti i lavoratori del settore privato a partire dal 1974. E' stato dunque possibile individuare tra tutti i residenti i lavoratori del settore dei servizi, edilizia, prodotti per l'edilizia (cementificio), agricoltura, costruzioni meccaniche, industria metallurgica e siderurgica, costruzioni navali,

---

porto, settore dei trasporti, gas ed elettricità e manifattura e raffinaria del petrolio, sulla base dei versamenti contributivi, per un periodo di almeno un anno, effettuati precedentemente alla data di arruolamento nella coorte.

Ad ogni soggetto della coorte inoltre è stato anche attribuito un valore dell'indicatore di posizione socioeconomica (SEP) sulla base della sezione di censimento di residenza al momento dell'ingresso nella coorte. L'indice sintetico considerato è stato costruito a partire da indicatori rilevati al censimento 2001: percentuale di popolazione con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare (mancato raggiungimento obbligo scolastico), percentuale di popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione, percentuale di abitazioni occupate in affitto, percentuale di famiglie monogenitoriali con figli dipendenti conviventi, densità abitativa (numero di occupanti per 100 m<sup>2</sup>). L'indice è una variabile continua e rappresenta lo scarto rispetto alla media regionale delle caratteristiche di deprivazione. L'indice è classificato in modo da diventare una variabile ordinale con 5 categorie: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso <sup>15</sup>.

Inoltre, per ogni soggetto, le stime dell'associazione tra esposizioni ambientali e mortalità tengono conto di altri fattori quali età, genere e luogo di nascita (nord, centro (escluso Lazio), Lazio, sud e fuori dall'Italia) dei partecipanti alla coorte.

### *Analisi statistica e misure di associazione*

L'approccio di coorte seguito in questa valutazione epidemiologica ha consentito di stimare per ciascun soggetto della coorte il tempo esatto in cui ciascuno è stato a rischio di sviluppare l'evento in studio, la mortalità (tempo-persona). Ciascun membro della coorte ha contribuito al calcolo del tempo-persona a rischio per il periodo che va dall'inizio (1 Gennaio 1996) alla fine del follow-up (31 dicembre 2013) se vivo e residente a quest'ultima data, fino alla data di emigrazione o quella di morte. Il tempo-persona è stato calcolato separatamente per genere, età e periodo di calendario (1996-2001; 2002-2007; 2008-2013). È stato usato un modello di regressione dei rischi proporzionali di Cox [Hazard Ratios (HRs, IC 95%)] per studiare l'associazione tra inquinamento e mortalità causa-specifica degli individui della coorte, considerando l'età come variabile tempo-dipendente (si rimanda all'appendice 2 per una spiegazione più dettagliata dell'interpretazione del HR). L'esposizione a PM<sub>10</sub> da inquinamento industriale, nel suo totale e separatamente per ciascuna fonte, e a NO<sub>x</sub> da traffico sono state considerate come variabili continue usando l'esposizione annuale media all'indirizzo di residenza. A causa della grandezza variabile dell'indicatore di esposizione, l'associazione lineare è stata stimata per un incremento pari alla differenza tra il 95 ° e il 5 ° percentile della distribuzione di ciascun inquinante, per esempio nel caso del PM<sub>10</sub> di origine industriale i Rischi

---

Relativi (Hazard ratios) sono espressi per incrementi lineari di 5.49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e nel caso del  $\text{NO}_x$  da traffico stradale per incrementi 12.77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Una variabile dicotomica è stata invece utilizzata per indicare le persone residenti a meno di 500 metri dal porto di Civitavecchia.

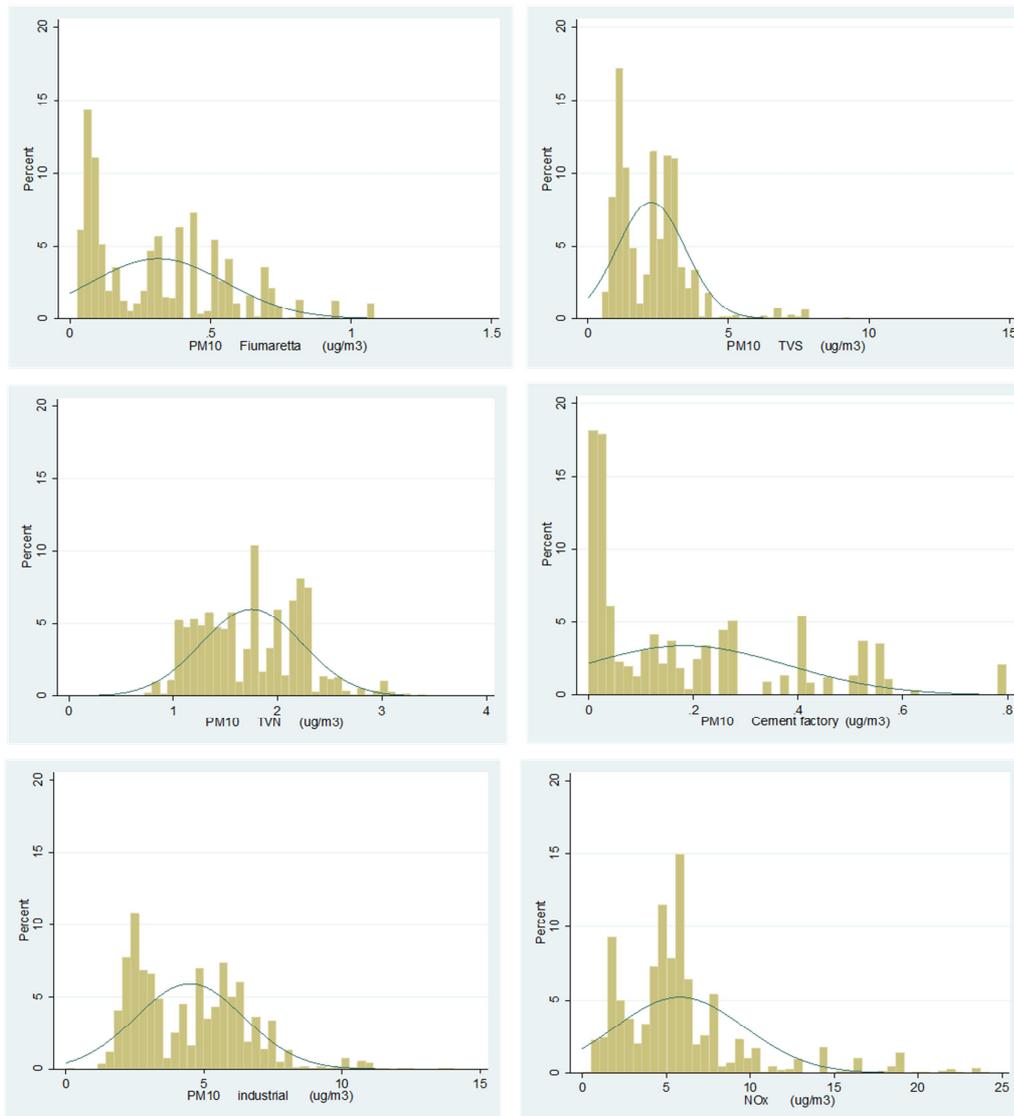
Per ciascuna esposizione ambientale le stime di effetto tengono conto del luogo di nascita, del livello socio economico e della esposizione occupazionale nonché delle altre esposizioni ambientali.

L'effetto dell'esposizione occupazionale è stata analizzato solo tra gli uomini residenti nel comprensorio perché la numerosità della popolazione femminile nelle singole categorie era troppo limitata. Sono stati considerati i settori edilizia, prodotti dell'edilizia, agricoltura, costruzioni meccaniche, industria metallurgica e siderurgica, costruzioni navali, lavoratori portuali, settore dei trasporti, gas ed elettricità e manifattura e raffinaria del petrolio, lavoratori nel settore dei servizi, lavoratori in altri settori e persone senza versamenti pensionistici in nessun settore privato. Gli effetti dell'esposizione occupazionale sono stati stimati al netto delle caratteristiche individuali (luogo di nascita, SEP), della qualifica professionale del lavoratore e dell'esposizione ambientale.

## 4. RISULTATI

La coorte in studio è composta di 71,362 persone residenti al 1996, di cui il 52.3% donne. Ad ogni soggetto è stato attribuito, sulla base dell'indirizzo di residenza all'inizio dello studio, il livello di esposizione alle fonti di pressione ambientale presenti nell'area nel 1988, ossia la concentrazione, stimata dai modelli di dispersione, di ciascun inquinante e la distanza entro, o oltre, 500 metri dal porto. La Figura 12 mostra la distribuzione di frequenza della popolazione in funzione dei livelli di esposizione a PM<sub>10</sub> di origine industriale (TVS, TVN, centrale di Fiumaretta e cementificio) e NO<sub>x</sub> da traffico stradale.

**Figura 12 - Distribuzione della popolazione residente per livelli di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) derivante da fonti industriali (TVS, TVN, centrale di Fiumaretta e cementificio) e NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) da traffico stradale**



La popolazione risultava esposta a livelli medi annuali (Deviazione Standard - DS, 50° percentile, 95°-5° percentile) di PM<sub>10</sub> di origine industriale pari a 4.49 µg/m<sup>3</sup> (1.97, 4.27, 5.49), e 5.80 µg/m<sup>3</sup> (3.86, 5.17, 12.77) di NO<sub>x</sub>. Il 6.5% degli individui della coorte risiedeva entro 500 m dal porto di Civitavecchia.

Nella tabella 1 sono riportate le correlazioni tra i livelli di esposizione della popolazione a PM<sub>10</sub> da ciascuna fonte industriale e dell'NO<sub>x</sub> da traffico stradale. Si noti l'alto grado di correlazione della esposizioni da fonte industriale, in particolare tra PM<sub>10</sub> da Fiumaretta e da Cementificio (0.91) ovvero da TVN e da TVS (0.83). La categoria PM<sub>10</sub> industriale ben rappresenta le altre fonti, in particolare TVN e TVS.

**Tabella 1 - Matrice dei coefficienti di correlazione di Pearson tra i livelli di esposizione degli individui della coorte a PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) di Fiumaretta, TVS, TVN, cementificio e NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) da traffico stradale**

	PM <sub>10</sub> Fiumaretta	PM <sub>10</sub> TVS	PM <sub>10</sub> TVN	PM <sub>10</sub> cementificio	PM <sub>10</sub> industriale	NO <sub>x</sub>
<b>PM<sub>10</sub> Fiumaretta</b>	1					
<b>PM<sub>10</sub> TVS</b>	0.7213	1				
<b>PM<sub>10</sub> TVN</b>	0.7101	0.8337	1			
<b>PM<sub>10</sub> cementificio</b>	0.9116	0.6226	0.5859	1		
<b>PM<sub>10</sub> industriale</b>	0.8338	0.9733	0.906	0.7404	1	
<b>NO<sub>x</sub> da traffico</b>	0.1598	0.1064	-0.0141	0.1036	0.0923	1

La tabella 2 presenta le caratteristiche principali dei soggetti in studio in base a diverse categorie di esposizione a PM<sub>10</sub> industriale e NO<sub>x</sub>: il gruppo di coloro che hanno valori di esposizione sotto il 5° percentile (considerati come gruppo a più bassa esposizione), coloro che hanno un valore di esposizione sopra il 95° percentile della distribuzione (gruppo dei più esposti), e il gruppo intermedio (esposti a concentrazioni comprese tra il 5° e il 95° percentile) e per distanza dal porto (≤500 m, >500 m). Per ciascun inquinante la distribuzione di genere, età, luogo di nascita e stato civile è piuttosto simile tra le diverse categorie di esposizione. Tuttavia, le persone che vivono in zone con alta concentrazione di PM<sub>10</sub> e NO<sub>x</sub> e/o vicino al porto tendono ad essere più giovani, ad avere una bassa posizione socio-economica e ad essere nati in una regione del sud Italia rispetto al gruppo di persone considerate come riferimento. Circa il 40% delle persone della coorte (18,299 uomini and 10,047 donne) avevano versato contributi pensionistici nel settore privato per almeno un anno prima dell'arruolamento. In questa coorte la categoria occupazionale prevalente è il settore dei servizi, con 12,934 addetti; 5,073 persone sono state impiegate nell'edilizia, 4,881 in

---

agricoltura, 2,491 in costruzioni meccaniche etc (dettaglio nella tabella). Gli agricoltori vivono in aree con più basse concentrazioni di PM<sub>10</sub> industriale o NO<sub>x</sub> da traffico stradale.

Durante il periodo in studio (gennaio 1996 - dicembre 2013) sono stati osservati 14,844 decessi per cause non accidentali (32.3% tumori maligni, 39.1% malattie cardiovascolari, 6.4% malattie respiratorie), mentre 3,110 persone sono uscite dalla coorte per emigrazione fuori dalla regione Lazio. Sono stati stimati 196,306 anni-persona di osservazione durante il periodo di follow-up.

**Tabella 2 - Caratteristiche della coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia (1996, 18 anni e più)**

		PM <sub>10</sub> da fonte industriale			NO <sub>x</sub> da traffico			Prossimità al porto			
		<5th	5°- 95°	>95°	<5°	5°- 95°	>95°	>500 m	≤500 m		
<b>Coorte totale</b>		<b>71,362</b>	<b>3,639</b>	<b>64,540</b>	<b>3,183</b>	<b>3,488</b>	<b>64,371</b>	<b>3,503</b>	<b>66,698</b>	<b>4,664</b>	
<b>Genere</b>	Maschi	34,016	47.7	48.0	47.4	51.7	50.1	47.4	50.0	47.7	46.9
	Femmine	37,346	52.3	52.0	52.6	48.3	49.9	52.6	50.0	52.3	53.1
<b>Età in classi</b>	18-44	35,466	49.7	46.7	49.3	61.3	52.6	48.6	67.1	50.0	45.9
	45-64	21,690	30.4	31.0	30.6	25.7	29.0	30.9	23.2	30.5	28.9
	65-80	11,502	16.1	17.9	16.3	10.6	14.5	16.6	8.5	15.9	19.8
	>80	2,704	3.8	4.5	3.8	2.5	3.9	3.9	1.3	3.7	5.3
<b>Regione di nascita</b>	Lazio	51,813	72.6	73.5	72.6	70.7	81.3	72.1	72.5	72.9	68.6
	Nord	2,340	3.3	3.8	3.3	3.1	2.8	3.3	2.6	3.3	3.4
	Centro (eccetto Lazio)	3,572	5.0	7.7	4.8	5.8	4.8	5.1	4.2	5.1	4.1
	Sud	11,531	16.2	10.7	16.4	17.9	8.6	16.5	18.1	15.8	21.2
	Altre nazioni	2,106	3.0	4.2	2.9	2.5	2.6	3.0	2.5	3.0	2.7
<b>Posizione Socio Economica*</b>	Alto	9,592	15.2	18.4	15.8	0.4	13.8	15.2	13.5	13.9	9.6
	Medio-alto	10,078	16.0	28.0	15.4	14.6	32.3	15.9	0.8	14.1	19.9
	Medio	13,360	21.2	27.8	21.0	19.3	21.7	21.9	5.2	19.8	5.2
	Medio-basso	13,247	21.0	20.9	21.0	20.9	21.4	21.0	17.4	19.1	14.3
	Basso	16,697	26.5	5.0	26.7	44.7	10.8	25.9	45.3	22.5	51.0

\*il totale può variare a causa di valori mancanti

*segue*

**Tabella 2 - (continua)**

Qualsiasi occupazione	28,346	39.7	45.3	39.2	44.1	45.7	39.2	42.8	40.3	31.3
Servizi	12,934	18.1	17.4	18.2	17.8	15.3	18.2	18.8	18.2	16.8
Edilizia	5,073	7.1	7.5	7.0	7.9	10.0	6.8	9.3	7.3	4.4
Prodotti per l'edilizia (cementificio)	485	0.7	0.7	0.6	1.6	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7
Agricoltura	4,881	6.8	18.0	6.2	8.0	16.7	6.4	6.0	7.2	1.7
Costruzioni meccaniche	2,491	3.5	2.7	3.5	4.8	3.9	3.5	3.8	3.5	2.8
Siderurgia e metallurgia	588	0.8	0.2	0.8	1.7	0.4	0.8	1.3	0.8	0.9
Costruzioni meccaniche	124	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
Portuali	1,580	2.2	0.1	2.3	3.3	0.4	2.3	2.7	2.2	3.1
Transporti	1,121	1.6	1.3	1.6	1.7	1.1	1.6	1.4	1.6	1.4
Elettricità e gas	1,678	2.4	0.6	2.4	4.1	1.7	2.4	2.3	2.4	1.9
Manifattura e raffinaria del petrolio	159	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Altro	2,225	3.1	3.1	3.1	3.1	3.3	3.1	3.8	3.1	2.7
<b>Stato in vita (al 31-12-2013)</b>										
Vivi	53,408	74.8	72.6	74.7	79.5	76.4	74.1	86.2	75.3	67.9
Emigrati o Irrintracciabili	3,110	4.4	4.8	4.3	5.2	4.4	4.5	2.0	4.2	6.0
Deceduti	14,844	20.8	22.6	21.0	15.4	19.2	21.4	11.7	20.4	26.1
<b>Anni persona</b>										
1996-2001	71,357	36.4	36.6	36.4	35.8	36.3	36.4	34.8	36.3	37.4
2002-2007	65,327	33.3	33.4	33.3	33.2	33.2	33.3	33.4	33.3	33.2
2008-2013	59,622	30.4	30.0	30.4	31.0	30.5	30.3	31.9	30.4	29.5

\* il totale può variare a causa di valori mancanti.

---

Vengono di seguito illustrati i risultati della analisi di mortalità per posizione socioeconomica (SEP) e per livelli di esposizione a PM<sub>10</sub> industriale, NO<sub>x</sub> da traffico e per distanza dal porto.

In tabella 3 sono riportati i risultati relativi all'associazione tra mortalità e posizione socioeconomica. La categoria SEP alto rappresenta la categoria di riferimento. A parità di esposizione a PM<sub>10</sub> di origine industriale, NO<sub>x</sub> da traffico, residenza in prossimità del porto ed occupazione, per la mortalità generale e per quella cardio respiratoria si osservano rischi crescenti al peggiorare del SEP. Nello specifico i residenti con SEP basso e medio basso hanno rischi maggiori rispetto ai residenti con SEP alto per mortalità non accidentale (HR=1.18 IC 95% 1.11-1.25 e HR=1.09 IC 95% 1.02-1.16) e malattie cardiovascolari (HR=1.19 IC 95% 1.07-1.31 e HR=1.26 IC 95% 1.15-1.39) in particolare per malattie cardiache (HR=1.23 IC 95% 1.09-1.38 e HR=1.27 IC 95% 1.13-1.43) e malattie ischemiche del cuore (HR=1.19 IC 95% 1.00-1.42 e HR=1.28 IC 95% 1.08-1.52). Eccessi di rischio si osservano anche per i residenti con SEP basso rispetto a quelli con SEP alto per malattie respiratorie (HR=1.57 IC 95% 1.23-1.99), in particolare per la Bronco-Pneumopatia Cronico Ostruttiva - BPCO (HR=1.65 IC 95% 1.13-2.41).

**Tabella 3 - Associazione tra posizione socioeconomica (SEP) e mortalità causa-specifica della coorte di Civitavecchia, 1996-2013**

		<b>Alto</b>	<b>Medio-Alto</b>		<b>Medio</b>		<b>Medio-Basso</b>		<b>Basso</b>	
	<b>N</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>IC 95%</b>	<b>HR</b>	<b>IC 95%</b>	<b>HR</b>	<b>IC 95%</b>	<b>HR</b>	<b>IC 95%</b>
Mortalità non-accidentale	13,687	1.00	1.01	0.95 - 1.08	1.03	0.97 - 1.10	1.09	1.02 - 1.16	1.18	1.11 - 1.25
Tumori maligni	4,427	1.00	1.00	0.90 - 1.12	0.99	0.89 - 1.10	1.02	0.91 - 1.13	1.05	0.95 - 1.17
Stomaco	294	1.00	1.16	0.75 - 1.82	1.04	0.68 - 1.61	1.21	0.80 - 1.85	1.28	0.85 - 1.93
Colon e retto	585	1.00	0.97	0.71 - 1.31	0.93	0.69 - 1.24	1.12	0.84 - 1.48	1.04	0.79 - 1.38
Fegato	291	1.00	1.37	0.86 - 2.20	1.25	0.79 - 1.99	1.41	0.90 - 2.22	1.53	0.99 - 2.36
Pancreas	240	1.00	1.35	0.85 - 2.16	0.89	0.55 - 1.45	1.11	0.69 - 1.78	1.05	0.66 - 1.66
Laringe	38	1.00	0.37	0.12 - 1.19	0.20	0.06 - 0.74	0.47	0.18 - 1.24	0.53	0.21 - 1.31
Trachea, bronchi e polmoni	1,046	1.00	0.92	0.72 - 1.16	1.09	0.88 - 1.36	1.09	0.88 - 1.36	0.99	0.80 - 1.23
Pleura	29	1.00	2.99	0.61 - 14.59	0.99	0.16 - 5.96	1.46	0.27 - 8.06	1.83	0.38 - 8.73
Vescica	181	1.00	1.15	0.66 - 2.00	1.23	0.73 - 2.08	0.87	0.50 - 1.53	1.33	0.80 - 2.23
Reni	103	1.00	1.51	0.75 - 3.03	0.72	0.33 - 1.57	1.04	0.51 - 2.13	1.22	0.63 - 2.38
Cervello e altre parti del SNC	92	1.00	0.66	0.32 - 1.37	0.48	0.23 - 1.02	0.59	0.29 - 1.20	0.70	0.37 - 1.34

*segue*

Hazard Ratio aggiustati per età, genere, regione di nascita PM<sub>10</sub> da fonte industriale, NO<sub>x</sub> da traffico, esposizione al porto, occupazione.

**Tabella 3 - (continua)**

	N	Alto		Medio-Alto		Medio		Medio-Basso		Basso	
		HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%
Tessuti linfatici ed ematopoietici	368	1.00	0.92	0.64 - 1.32	0.94	0.67 - 1.33	0.72	0.50 - 1.04	0.73	0.52 - 1.04	
Malattie neurologiche	341	1.00	0.86	0.58 - 1.29	0.78	0.52 - 1.16	0.87	0.59 - 1.28	1.19	0.84 - 1.69	
Malattie cardiovascolari	5,354	1.00	0.97	0.87 - 1.08	1.03	0.93 - 1.14	1.19	1.07 - 1.31	1.26	1.15 - 1.39	
Malattie cardiache	3,694	1.00	1.00	0.88 - 1.13	1.01	0.89 - 1.14	1.23	1.09 - 1.38	1.27	1.13 - 1.43	
Malattia ischemica del cuore	1,623	1.00	0.90	0.74 - 1.10	0.91	0.76 - 1.10	1.19	1.00 - 1.42	1.28	1.08 - 1.52	
Eventi coronarici acuti	847	1.00	0.92	0.71 - 1.21	0.89	0.69 - 1.15	1.14	0.90 - 1.46	1.23	0.97 - 1.56	
Malattie cerebrovascolari	1,324	1.00	0.96	0.78 - 1.19	1.04	0.85 - 1.28	1.16	0.95 - 1.41	1.27	1.04 - 1.54	
Malattie respiratorie	874	1.00	1.29	1.00 - 1.68	1.05	0.81 - 1.37	1.17	0.90 - 1.51	1.57	1.23 - 1.99	
BPCO	358	1.00	1.25	0.83 - 1.90	1.28	0.86 - 1.91	1.07	0.71 - 1.61	1.65	1.13 - 2.41	
Malattie del sistema digestivo	561	1.00	0.94	0.67 - 1.31	1.12	0.82 - 1.53	1.23	0.91 - 1.66	1.22	0.90 - 1.64	
Malattie renali	242	1.00	1.00	0.61 - 1.62	1.10	0.69 - 1.74	1.09	0.69 - 1.73	1.01	0.64 - 1.60	

Hazard Ratio aggiustati per età, genere, regione di nascita, PM<sub>10</sub> da fonte industriale, NO<sub>x</sub> da traffico, esposizione al porto, occupazione.

---

La tabella 4 mostra le stime dell'associazione tra mortalità e livelli di esposizione a PM<sub>10</sub> industriale nel suo complesso e limitatamente a quello attribuibile alle sole centrali (escludendo cioè il contributo del cementificio). Per incrementi lineari di 5.49 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub> di origine industriale (differenza tra 95° e 5° percentile della distribuzione) si osserva un aumento del rischio di mortalità per cause non-accidentali pari al 6% (HR=1.06 IC 95% 1.01-1.12). Per i tumori maligni l'eccesso stimato è dell'11% (HR=1.11 IC 95% 1.01-1.21), per le malattie cardiache l'eccesso è del 12% (HR=1.12 IC 95% 1.01-1.23). Per le diverse sedi tumorali si osservano eccessi per il tumore del pancreas (HR=1.49 IC 95% 1.02-2.16), della pleura (HR=3.75 IC 95% 1.46-9.64) e del rene (HR=1.79 IC 95% 1.05-3.06). I modelli statistici tengono conto di età, genere, luogo di nascita, condizione socio-economica, tipo di occupazione, e livelli di inquinamento derivanti dall'esposizione concomitante alle altre fonti presenti nell'area. Non considerando il contributo delle emissioni del cementificio, quindi l'effetto attribuibile alle sole centrali elettriche, il quadro di mortalità rimane sostanzialmente lo stesso.

**Tabella 4 - Associazione tra esposizione pregressa a PM<sub>10</sub> dal totale delle fonti industriali (TVN, TVS, Fiumaretta e cementificio) e PM<sub>10</sub> da sole centrali elettriche e mortalità causa-specifica della coorte di Civitavecchia, 1996-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti (5.49 e 5.01 µg/m<sup>3</sup>, rispettivamente) (HRs e IC 95%)**

	n	PM <sub>10</sub> da tutte le fonti industriali			PM <sub>10</sub> da centrali elettriche		
		HR	IC 95%		HR	IC 95%	
Mortalità non-accidentale	13,687	1.06	1.01 - 1.12		1.06	1.00 - 1.11	
Tumori maligni	4,427	1.11	1.01 - 1.21		1.09	1.00 - 1.19	
Stomaco	294	0.87	0.61 - 1.25		0.88	0.62 - 1.26	
Colon e retto	585	1.05	0.82 - 1.35		1.04	0.81 - 1.33	
Fegato	291	1.33	0.94 - 1.86		1.32	0.95 - 1.83	
Pancreas	240	1.49	1.02 - 2.16		1.45	1.00 - 2.08	
Laringe	38	1.09	0.40 - 2.93		1.01	0.38 - 2.72	
Trachea, bronchi e polmoni	1,046	1.10	0.92 - 1.33		1.08	0.91 - 1.30	
Pleura	29	3.75	1.46 - 9.64		3.64	1.52 - 8.70	
Vescica	181	1.03	0.65 - 1.61		1.00	0.64 - 1.56	
Reni	103	1.79	1.05 - 3.06		1.73	1.03 - 2.91	
Cervello e altre parti del SNC	92	0.96	0.51 - 1.81		0.94	0.51 - 1.76	
Tessuti linfatici ed ematopoietici	368	1.28	0.95 - 1.74		1.24	0.92 - 1.68	
Malattie neurologiche	341	0.89	0.63 - 1.25		0.87	0.62 - 1.22	
Malattie cardiovascolari	5,354	1.06	0.97 - 1.15		1.06	0.97 - 1.15	
Malattie cardiache	3,694	1.12	1.01 - 1.23		1.12	1.01 - 1.23	
Malattia ischemica del cuore	1,623	1.14	0.98 - 1.33		1.14	0.98 - 1.32	
Eventi coronarici acuti	847	1.06	0.86 - 1.31		1.05	0.86 - 1.30	
Malattie cerebrovascolari	1,324	1.04	0.88 - 1.23		1.04	0.88 - 1.23	
Malattie respiratorie	874	1.10	0.90 - 1.34		1.09	0.89 - 1.33	
BPCO	358	0.98	0.72 - 1.35		0.97	0.71 - 1.32	
Malattie del sistema digestivo	561	1.22	0.95 - 1.56		1.20	0.94 - 1.54	
Malattie renali	242	1.17	0.80 - 1.73		1.19	0.81 - 1.73	

Hazard Ratio aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, NO<sub>x</sub> da traffico, prossimità al porto, occupazione

---

La tabella 5 mostra le stime di associazione tra livelli di esposizione a PM<sub>10</sub> industriale e mortalità causa specifica, sia per il complesso delle fonti industriali sia rispetto al contributo specifico delle singole fonti (PM<sub>10</sub> da TVS, TVN, Fiumaretta e cementificio). Gli effetti delle centrali di TVS e TVN sono sostanzialmente sovrapponibili a quanto si osserva per la somma del PM<sub>10</sub> industriale che include tutte le fonti. Per quanto riguarda l'esposizione a PM<sub>10</sub> da centrale di Fiumaretta vengono confermati l'eccesso di rischio per la mortalità totale e per tutti i tumori, in particolare si confermano gli incrementi osservati per tumore del pancreas, del rene e del tessuto linfatico ed ematopoietico. Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> derivante dal cementificio si osserva un'associazione con il tumore polmonare (HR=1.26 IC 95% 1.04-1.52). E' necessario ricordare che l'alta correlazione esistente tra le esposizioni derivanti dalle fonti di pressione ambientale presenti in questo territorio (legata alla vicinanza geografica degli impianti) limita di molto la possibilità di attribuire, con ragionevole certezza, gli effetti osservati ad una fonte specifica.

**Tabella 5 - Associazione tra esposizione a PM<sub>10</sub> dal totale delle fonti industriali e a PM<sub>10</sub> da ciascuna fonte (TVS, TVN, Fiumaretta e cementificio) e mortalità causa-specifica della coorte di Civitavecchia, 1996-2013. Hazard ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti\* (HRs e IC 95%)**

	N	PM <sub>10</sub> da fonte industriale		PM <sub>10</sub> da TVS		PM <sub>10</sub> da TVN		PM <sub>10</sub> da Fiumaretta		PM <sub>10</sub> da cementificio	
		HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%
Mortalità non-accidentale	13,687	1.06	1.01 - 1.12	1.04	1.00 - 1.09	1.05	1.00 - 1.11	1.08	1.03 - 1.14	1.10	1.04 - 1.16
Tumori maligni	4,427	1.11	1.01 - 1.21	1.07	0.99 - 1.16	1.07	0.98 - 1.18	1.16	1.06 - 1.27	1.21	1.11 - 1.33
Stomaco	294	0.87	0.61 - 1.25	0.88	0.63 - 1.22	0.95	0.67 - 1.36	0.87	0.60 - 1.26	0.82	0.56 - 1.20
Colon e retto	585	1.05	0.82 - 1.35	1.03	0.83 - 1.30	1.00	0.78 - 1.29	1.10	0.86 - 1.42	1.19	0.93 - 1.53
Fegato	291	1.33	0.94 - 1.86	1.26	0.94 - 1.69	1.34	0.95 - 1.90	1.26	0.89 - 1.78	1.23	0.87 - 1.74
Pancreas	240	1.49	1.02 - 2.16	1.38	1.01 - 1.90	1.36	0.92 - 2.00	1.47	1.01 - 2.14	1.59	1.09 - 2.31
Laringe	38	1.09	0.40 - 2.93	0.93	0.36 - 2.37	1.05	0.39 - 2.81	1.46	0.56 - 3.79	1.88	0.76 - 4.61
Trachea, bronchi e polmoni	1,046	1.10	0.92 - 1.33	1.06	0.90 - 1.25	1.08	0.90 - 1.30	1.14	0.95 - 1.38	1.26	1.04 - 1.52
Pleura	29	3.75	1.46 - 9.64	2.94	1.54 - 5.61	3.54	1.23 - 10.16	1.56	0.53 - 4.60	1.28	0.43 - 3.79
Vescica	181	1.03	0.65 - 1.61	1.01	0.68 - 1.51	0.94	0.60 - 1.49	1.06	0.67 - 1.67	1.31	0.84 - 2.04
Reni	103	1.79	1.05 - 3.06	1.59	1.02 - 2.47	1.61	0.92 - 2.82	1.90	1.11 - 3.26	1.74	1.02 - 2.95
Cervello e altre parti del SNC	92	0.96	0.51 - 1.81	0.92	0.51 - 1.65	0.97	0.52 - 1.80	1.06	0.56 - 2.01	1.14	0.60 - 2.18

*segue*

Hazard Ratio aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, NO<sub>x</sub> da traffico, esposizione al porto, occupazione.

\* differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione di PM<sub>10</sub> pari a 5.49 µg/m<sup>3</sup> totale fonti industriali, 3 µg/m<sup>3</sup> TVS, 1.40 µg/m<sup>3</sup> TVN, 0.67 µg/m<sup>3</sup> Fiumaretta, 0.55 µg/m<sup>3</sup> cementificio.

**Tabella 5 - (continua)**

	PM <sub>10</sub> da fonte industriale				PM <sub>10</sub> da TVS				PM <sub>10</sub> da TVN				PM <sub>10</sub> da Fiumaretta				PM <sub>10</sub> da cementificio			
	N	HR	IC 95%	HR adj	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	
Tessuti linfatici ed ematopoietici	368	1.28	0.95 - 1.74	1.17	0.90 - 1.53	1.20	0.88 - 1.63	1.57	1.16 - 2.13	1.52	1.12 - 2.06									
Malattie neurologiche	341	0.89	0.63 - 1.25	0.90	0.66 - 1.24	0.78	0.56 - 1.10	1.00	0.72 - 1.40	1.11	0.80 - 1.53									
Malattie cardiovascolari	5,354	1.06	0.97 - 1.15	1.05	0.98 - 1.14	1.06	0.97 - 1.15	1.02	0.94 - 1.11	1.05	0.96 - 1.14									
Malattie cardiache	3,694	1.12	1.01 - 1.23	1.11	1.01 - 1.21	1.11	1.00 - 1.22	1.08	0.98 - 1.19	1.08	0.98 - 1.19									
Malattia ischemica del cuore	1,623	1.14	0.98 - 1.33	1.11	0.97 - 1.27	1.18	1.02 - 1.38	1.10	0.94 - 1.28	1.11	0.96 - 1.29									
Eventi coronarici acuti	847	1.06	0.86 - 1.31	1.02	0.85 - 1.23	1.10	0.89 - 1.35	1.12	0.91 - 1.38	1.08	0.88 - 1.33									
Malattie cerebrovascolari	1,324	1.04	0.88 - 1.23	1.02	0.88 - 1.19	1.09	0.92 - 1.30	0.99	0.84 - 1.17	1.05	0.89 - 1.24									
Malattie respiratorie	874	1.10	0.90 - 1.34	1.05	0.87 - 1.26	1.15	0.94 - 1.41	1.15	0.95 - 1.41	1.12	0.92 - 1.36									
BPCO	358	0.98	0.72 - 1.35	0.94	0.70 - 1.26	0.98	0.71 - 1.35	1.11	0.81 - 1.52	1.16	0.86 - 1.57									
Malattie del sistema digestivo	561	1.22	0.95 - 1.56	1.16	0.93 - 1.45	1.18	0.92 - 1.52	1.29	1.01 - 1.66	1.22	0.95 - 1.57									
Malattie renali	242	1.17	0.80 - 1.73	1.16	0.82 - 1.63	1.20	0.81 - 1.78	1.14	0.77 - 1.69	0.97	0.65 - 1.45									

Hazard ratio aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, NO<sub>x</sub> da traffico, prossimità al porto, occupazione.

\* differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione di PM<sub>10</sub> pari a 5.49 µg/m<sup>3</sup> totale fonti industriali, 3 µg/m<sup>3</sup> TVS, 1.40 µg/m<sup>3</sup> TVN, 0.67 µg/m<sup>3</sup> Fiumaretta, 0.55 µg/m<sup>3</sup> cementificio.

---

L'esposizione a NO<sub>x</sub> scelto come tracciante del traffico stradale è associata ad un eccesso della mortalità per tumori maligni pari a +13% (HR=1.13 IC 95% 1.01-1.26); si osserva inoltre un' associazione con la mortalità per malattie neurologiche (HR=1.50 IC 95% 1.01-2.20). La residenza entro 500 metri dal perimetro del porto risulta associata ad incrementi di rischio di mortalità per tumore al polmone (HR=1.31 IC 95% 1.04-1.66) e malattie neurologiche (HR=1.51 IC 95% 1.05-2.18) (Tabella 6).

**Tabella 6 - Associazione tra esposizione a NO<sub>x</sub> da traffico e distanza dal porto e mortalità causa-specifica della coorte di Civitavecchia, 1996-2013. Hazard ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione dell'inquinante (12.77 µg/m<sup>3</sup>) (HRs e IC 95%)**

	n	NO <sub>x</sub> da traffico		Prossimità al porto*	
		HR **	IC 95%	HR ***	IC 95%
Mortalità non-accidentale	13,687	0.98	0.91 - 1.05	1.03	0.96 - 1.10
Tumori maligni	4,427	1.13	1.01 - 1.26	1.11	0.99 - 1.25
Stomaco	294	1.05	0.68 - 1.63	1.39	0.89 - 2.17
Colon e retto	585	1.14	0.83 - 1.57	1.09	0.79 - 1.50
Fegato	291	1.22	0.79 - 1.88	0.99	0.63 - 1.54
Pancreas	240	0.86	0.50 - 1.47	1.05	0.65 - 1.68
Laringe	38	1.78	0.65 - 4.85	0.34	0.04 - 2.59
Trachea, bronchi e polmoni	1,046	1.19	0.95 - 1.49	1.31	1.04 - 1.66
Pleura	29	2.53	0.82 - 7.75	0.61	0.14 - 2.63
Vescica	181	0.72	0.38 - 1.38	1.11	0.62 - 1.98
Reni	103	1.83	0.96 - 3.52	0.29	0.09 - 0.95
Cervello e altre parti del SNC	92	1.31	0.67 - 2.59	0.84	0.35 - 2.02
Tessuti linfatici ed ematopoietici	368	1.29	0.87 - 1.90	1.08	0.73 - 1.61
Malattie neurologiche	341	1.50	1.01 - 2.20	1.51	1.05 - 2.18
Malattie cardiovascolari	5,354	0.83	0.74 - 0.93	0.97	0.88 - 1.08
Malattie cardiache	3,694	0.88	0.77 - 1.01	1.04	0.92 - 1.17
Malattia ischemica del cuore	1,623	0.83	0.67 - 1.01	1.10	0.91 - 1.32
Eventi coronarici acuti	847	0.82	0.62 - 1.08	1.20	0.94 - 1.54
Malattie cerebrovascolari	1,324	0.78	0.61 - 0.99	0.86	0.69 - 1.08
Malattie respiratorie	874	1.14	0.87 - 1.49	0.79	0.60 - 1.04
BPCO	358	1.34	0.90 - 1.99	0.93	0.61 - 1.41
Malattie del sistema digestivo	561	0.81	0.57 - 1.15	1.04	0.75 - 1.43
Malattie renali	242	0.85	0.49 - 1.48	0.91	0.56 - 1.50

\* residenti entro 500m dal porto verso residenti a più di 500m dal porto

\*\* Hazard Ratios aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, PM<sub>10</sub> industriale, prossimità al porto, occupazione

\*\*\* Hazard Ratios aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, PM<sub>10</sub> industriale, NO<sub>x</sub> da traffico, occupazione

---

La tabella 7 riporta le stime di associazione tra le categorie occupazionali e la mortalità causa-specifica degli uomini residenti. Le stime sono calcolate tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio economico e dell'esposizione ambientale. Prendendo come riferimento i lavoratori del settore terziario, tra i lavoratori del settore edile e dell'agricoltura si evidenzia un eccesso di rischio per mortalità non accidentale (HR=1.14 IC 95% 1.04-1.25 e HR=1.20 IC 95% 1.07-1.34, rispettivamente). Tra gli edili si osserva un eccesso di mortalità per tumori maligni (HR=1.16 IC 95% 1.01-1.34), in particolare per tumore polmonare (HR=1.41 IC 95% 1.11-1.81) e per malattie respiratorie (HR=1.47 IC 95% 1.01-2.14). Tra i lavoratori del cementificio si osserva un eccesso di mortalità per tumore del rene (HR=3.74 IC 95% 1.26-11.08). Per tutte le altre categorie professionali non si osservano associazioni con la mortalità generale o per tumori totali ma emergono associazioni per singole cause di morte, ad esempio: tra gli agricoltori si osservano eccessi per malattie cardiovascolari (HR=1.24 IC 95% 1.03-1.51), respiratorie (HR=1.61 IC 95% 1.00-2.59) e dell'apparato digerente (HR=2.13 IC 95% 1.19-3.81); tra i portuali si osserva un aumento del rischio di mortalità per tumore della laringe (HR=2.13 IC 95% 1.19-3.81); mentre il settore trasporti è associato a tumori del sistema linfatico ed ematopoietico (HR=2.24 IC 95% 1.12-4.46) e a malattie neurologiche (HR=2.13 IC 95% 1.19-3.81). Ovviamente tutte queste associazioni vanno considerate con cautela dati i confronti multipli effettuati e la ridotta numerosità di alcune categorie lavorative.

**Tabella 7. Associazione tra categorie professionali di esposizione (riferimento lavoratori del settore terziario) e mortalità causa-specifica della coorte di Civitavecchia, 1996-2013. (HRs e IC 95%)**

	n	Edilizia		Prodotti per l'edilizia (cementificio)		Agricoltura		Costruzioni meccaniche		Siderurgia e metallurgia		Portuali		Transporti		Elettricità e gas									
		HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%	HR	IC 95%								
Mortalità non-accidentale	6,830	1.14	1.04	1.25	0.81	0.66	0.98	1.20	1.07	1.34	0.93	0.80	1.09	0.92	0.73	1.17	1.04	0.91	1.19	1.14	0.97	1.34	0.91	0.78	1.07
Tumori maligni	2,561	1.16	1.01	1.34	0.78	0.57	1.06	1.09	0.91	1.31	0.85	0.67	1.08	1.03	0.74	1.44	0.94	0.77	1.15	1.08	0.85	1.37	1.02	0.81	1.28
Stomaco	156	1.53	0.89	2.63	1.16	0.40	3.35	1.63	0.85	3.15	1.23	0.53	2.85	0.90	0.21	3.79	1.11	0.50	2.46	0.90	0.32	2.59	1.35	0.58	3.10
Colon e retto	304	0.76	0.49	1.17	0.65	0.26	1.62	0.58	0.34	1.00	0.67	0.32	1.42	0.65	0.20	2.10	0.48	0.24	0.95	1.08	0.55	2.11	1.06	0.57	1.97
Fegato	171	1.06	0.62	1.81	0.46	0.11	1.92	0.59	0.27	1.30	1.21	0.57	2.54	1.31	0.46	3.74	1.01	0.49	2.10	1.46	0.67	3.15	1.15	0.53	2.49
Pancreas	113	0.95	0.47	1.90	0.70	0.16	2.99	0.97	0.44	2.14	0.20	0.03	1.45	1.53	0.46	5.13	1.02	0.44	2.40	0.23	0.03	1.73	1.79	0.83	3.83
Laringe	32	1.70	0.55	5.27	1.18	0.14	9.81	1.99	0.40	9.89	0.79	0.09	6.71	0.00			6.08	1.10	33.66	0.00					
Trachea, bronchi e polmoni	828	1.41	1.11	1.81	0.98	0.59	1.62	1.30	0.95	1.77	0.83	0.54	1.28	1.06	0.58	1.91	1.08	0.76	1.53	1.04	0.68	1.59	1.00	0.66	1.51
Pleura	26	0.50	0.13	1.96	0.00			0.00			1.33	0.27	6.53	1.15	0.14	9.43	1.88	0.44	8.06	0.00			2.87	0.85	9.70
Vescica	139	1.10	0.59	2.07	0.30	0.04	2.23	0.87	0.37	2.02	0.67	0.20	2.26	1.60	0.48	5.38	0.79	0.31	2.06	0.55	0.13	2.33	0.98	0.34	2.86
Reni	61	0.52	0.18	1.56	0.374	1.26	11.08	0.83	0.27	2.56	1.22	0.34	4.40	1.07	0.14	8.35	0.79	0.21	2.97	1.54	0.43	5.48	0.42	0.05	3.25
Cervello e altre parti del SNC	47	0.84	0.28	2.50	0.00			0.60	0.12	3.00	1.12	0.30	4.13	1.07	0.13	8.49	1.00	0.26	3.87	0.00			0.46	0.06	3.58
Tessuti linfatici ed ematopoietici	211	1.09	0.65	1.84	0.76	0.23	2.51	1.55	0.83	2.88	0.47	0.14	1.54	1.21	0.37	3.98	1.28	0.63	2.60	2.24	1.12	4.46	0.83	0.32	2.13
Malattie neurologiche	138	0.98	0.49	1.98	1.53	0.51	4.58	0.99	0.43	2.24	0.29	0.04	2.14	0.68	0.09	5.15	0.78	0.28	2.18	2.71	1.13	6.51	0.52	0.12	2.23
Malattie cardiovascolari	2,487	0.97	0.82	1.15	0.66	0.46	0.95	1.24	1.03	1.51	1.04	0.79	1.36	0.88	0.58	1.35	1.15	0.92	1.44	1.30	0.99	1.70	0.84	0.63	1.11
Malattie cardiache	1,755	1.02	0.84	1.24	0.69	0.45	1.05	1.24	0.98	1.55	1.02	0.74	1.40	1.13	0.72	1.77	1.17	0.90	1.52	1.23	0.88	1.70	0.85	0.61	1.19
Malattia ischemica del cuore	941	1.16	0.90	1.50	0.52	0.27	0.99	1.30	0.96	1.76	0.83	0.52	1.30	1.00	0.54	1.86	1.07	0.75	1.53	1.16	0.75	1.81	0.87	0.57	1.35
Eventi coronarici acuti	524	1.19	0.85	1.67	0.67	0.31	1.46	1.36	0.91	2.04	1.00	0.59	1.70	0.61	0.22	1.66	1.08	0.68	1.72	1.42	0.84	2.40	0.90	0.52	1.57
Malattie cerebrovascolari	548	1.01	0.71	1.45	0.63	0.29	1.37	1.30	0.86	1.98	1.18	0.65	2.15	0.40	0.10	1.63	1.03	0.63	1.69	1.40	0.79	2.48	1.05	0.59	1.86
Malattie respiratorie	466	1.47	1.01	2.14	0.85	0.40	1.79	1.61	1.00	2.59	1.46	0.81	2.64	0.88	0.32	2.45	1.03	0.59	1.77	1.27	0.64	2.49	0.90	0.44	1.81
BPCO	211	1.24	0.73	2.12	0.40	0.09	1.67	1.34	0.69	2.59	1.02	0.39	2.65	0.86	0.20	3.63	0.99	0.46	2.14	1.54	0.64	3.74	1.51	0.69	3.30
Malattie del sistema digestivo	269	1.24	0.78	1.98	1.18	0.49	2.81	2.13	1.19	3.81	0.80	0.37	1.72	1.40	0.55	3.57	1.65	0.89	3.05	0.16	0.02	1.14	0.48	0.17	1.35
Malattie renali	116	1.55	0.73	3.26	2.04	0.73	5.70	0.60	0.24	1.50	0.71	0.16	3.09	0.00			0.70	0.25	1.99	0.00			0.95	0.28	3.28

Hazard Ratios aggiustati per età, genere, SEP, regione di nascita, PM<sub>10</sub> industriale, NO<sub>x</sub> da traffico, prossimità al porto

---

## 5. DISCUSSIONE

### *Principali risultati*

Questo studio ha valutato gli effetti dello stato socio-economico e delle esposizioni ambientali ed occupazionali sulla mortalità della popolazione residente nell'area di Civitavecchia. La valutazione dell'esposizione agli inquinanti ambientali è stata effettuata usando tecniche basate sui modelli di dispersione nell'ipotesi che il rischio di morte sia maggiore dove le passate concentrazioni stimate alla residenza erano più elevate.

L'analisi per posizione socioeconomica dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia ha evidenziato un eccesso di rischio di mortalità per malattie cardiorespiratorie tra i residenti in aree economicamente più svantaggiate (SEP basso e medio basso) rispetto ai residenti in aree con SEP elevato (al netto dell'effetto della concomitante esposizione ambientale ed occupazionale). Tale dato è coerente con la letteratura scientifica più recente che ha evidenziato importanti differenziali sociali nella mortalità.

Considerando l'esposizione complessiva a PM10 da fonti industriali, nella popolazione più esposta si è osservato un aumento del rischio della mortalità per cause naturali, per cause tumorali, e per malattie cardiocircolatorie. Tra le sedi tumorali sono risultati in eccesso il tumore del pancreas, della pleura e del rene. Considerando le singole fonti industriali, le emissioni della centrale di Fiumaretta e del cementificio sono risultate associate ai tumori del tessuto linfoematopoietico e, solo per il cementificio, al tumore del polmone.

L'esposizione a NO<sub>x</sub> da traffico è risultata associata alla mortalità per tumori totali e per malattie neurologiche. La residenza nell'area del porto di Civitavecchia è associata ad un chiaro aumento della mortalità per tumore del polmone. Tutti gli effetti sono stati stimati tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio-economico e dell'esposizione occupazionale dei residenti.

L'effetto dell'esposizione occupazionale sulla mortalità causa specifica è stato studiato tra gli uomini residenti nel comprensorio di Civitavecchia. Sono emerse delle associazioni chiare per gli addetti all'edilizia - per i quali si è osservato un eccesso di mortalità per tumori maligni, in particolare per tumore polmonare e per malattie respiratorie - e per gli agricoltori con eccessi per malattie cardiovascolari, respiratorie e dell'apparato digestivo. Queste associazioni sono state stimate tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio-economico e dell'effetto concomitante delle fonti di inquinamento ambientale dei residenti.

---

## *Indicazioni di letteratura*

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che l'inquinamento atmosferico ambientale sia responsabile nel mondo di circa 3.7 milioni di decessi all'anno, 800.000 solo in Europa; esso è responsabile di 6.3 milioni di anni di vita persi e del 3% della mortalità cardio-respiratoria. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS ha recentemente stabilito che esistono prove sufficienti della cancerogenicità del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) in particolare per il cancro del polmone. L'associazione tra inquinamento, tumori, malattie cardiovascolari e respiratorie è stato osservato in numerosi studi<sup>16-18</sup> ed è stato ben documentato dall'OMS (REVIHAAP, 2013). Il riscontro di effetti sanitari derivanti da inquinamento atmosferico di origine industriale a Civitavecchia è dunque ben supportato da dati di letteratura e da fonti scientifiche autorevoli.

Nella coorte dei residenti a Civitavecchia è emersa anche una associazione tra concentrazioni di NO<sub>x</sub> da traffico stradale ed aumentato rischio di mortalità tumorale e per malattie neurologiche. Esistono numerose evidenze circa l'effetto dell'esposizione cronica agli inquinanti da traffico come gli ossidi d'azoto (NO<sub>x</sub>) o le particelle che vengono emesse dai veicoli<sup>19-22</sup>. Più di recente, si sono accumulate evidenze che suggeriscono che l'inquinamento dovuto al traffico può avere effetti negativi anche sul sistema nervoso centrale<sup>23</sup>. Un recente studio caso-controllo condotto in Danimarca ha evidenziato un'associazione tra NO<sub>2</sub> da traffico e insorgenza di Parkinson<sup>24</sup>.

Gli incrementi di rischio osservati relativamente alla mortalità per tumore del polmone e mortalità per malattie neurologiche tra i residenti entro 500 metri dal porto suggeriscono un effetto nocivo derivante dall'inquinamento causato dalle emissioni portuali e dalla possibile esposizione passata ad amianto tra i residenti in prossimità del porto<sup>25</sup>. E' chiaro che su questo ultimo aspetto devono essere condotti ulteriori approfondimenti, specie relative alla contaminazione del passato in prossimità del porto.

L'elevata incidenza/mortalità per tumore della pleura era già noto nell'area di Civitavecchia; infatti, il COR del Lazio, che svolge attività di sorveglianza dei mesoteliomi maligni incidenti nel Lazio dal 2001, documenta un tasso di incidenza di mesotelioma pleurico pari a 5.3 x 100,000 residenti, nel periodo 2001-2014, di gran lunga più elevato del tasso regionale. Dal 2001 nell'aera di Civitavecchia sono stati documentati 26 casi incidenti di mesotelioma: 10 dovuti a documentata esposizione professionale, 4 con probabile esposizione occupazionale, 3 con possibile esposizione occupazionale e 9 per esposizioni non-occupazionali (classificazione secondo le linee guida ReNaM). L'esposizione ad amianto potrebbe in parte spiegare l'eccesso di rischio per tumore del polmone trovato in questo studio tra i residenti in prossimità del porto e l'associazione tra esposizione a PM<sub>10</sub> di origine industriale ed eccesso di mortalità per tumore alla pleura<sup>26</sup>.

---

Le concentrazioni di PM<sub>10</sub> industriale, usate come misura dell'esposizione all'indirizzo di residenza di tutti i membri della coorte, sono state stimate utilizzando un modello di dispersione sulla base del presupposto che le emissioni dai camini delle industrie non si diffondono in modo uniforme in tutto l'area ma dipendono anche dai venti prevalenti e dall'orografia del territorio. Le concentrazioni di PM<sub>10</sub> sono state stimate usando i valori emissivi autorizzati al 1988. È importante enfatizzare che l'associazione tra PM<sub>10</sub> di origine industriale e NO<sub>x</sub> da traffico, e gli eccessi di mortalità causa specifica si riferiscono a livelli di concentrazione degli inquinanti al di sotto dei livelli standard per la qualità dell'aria previsti dalla normativa Europea e nazionale.

L'associazione tra esposizione occupazionale e alcune cause di morte conferma quanto già noto in letteratura. Uno studio sui lavoratori edili<sup>27</sup> aveva evidenziato un incremento del rischio di morte per tumori del polmone e del tratto respiratorio. Un altro studio condotto sui lavoratori del settore delle costruzioni negli Stati Uniti<sup>28</sup> sottolineava significativi eccessi di mortalità per tutti i tumori e uno studio caso-controllo canadese evidenziava eccessi di rischio tra gli operai del settore edile rispetto agli operai di altri settori. Per i lavoratori del settore agricolo sono noti eccessi di rischio per tumori e malattie degli apparati circolatorio, digestivo e respiratorio<sup>29-34</sup>. L'aumentato rischio di mortalità per tumore del polmone e della pleura era già stato descritto nella coorte dei lavoratori del porto di Civitavecchia<sup>5</sup>.

### *Punti di forza e limiti*

Il punto di forza di questo lavoro è la dimensione della coorte (71,362 residenti) e il disegno di studio longitudinale adottato. I risultati sono stati aggiustati per diversi fattori di confondimento: età, luogo di nascita, posizione socio-economico e variabili legate al contesto ambientale e occupazionale. Sono tuttavia da considerare alcuni aspetti critici. I modelli espositivi sono relativi al 1988 per la parte industriale perché dati per il passato erano disponibili solo per quell'anno; in realtà ci sono state variazioni temporali nelle emissioni che non abbiamo potuto considerare. 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 stato socio-economico abbia anche contribuito a tener conto delle variabili individuali non misurabili sperimentalmente.

---

In questo studio, tutti gli eccessi di mortalità segnalati sono significativi dal punto di vista statistico, ed è difficile attribuire quanto osservato all'effetto del caso. Nello studio gli esiti sono stati selezionati sulla base delle conoscenze disponibili sul tema inquinamento industriale e salute delle popolazioni residenti, difficile dunque che i risultati osservati siano dipendenti dall'elevato numero di confronti effettuati (*multiple testing*). Nello studio sono stati considerati in dettaglio i più importanti fattori di confondimento, quali il livello socio economico dell'area di residenza e l'esposizione occupazionale. Tuttavia, l'alta correlazione esistente tra le esposizioni derivanti dalle fonti di pressione ambientale presenti in questo territorio (legata alla vicinanza geografica degli impianti) limita di molto la possibilità di attribuire, con ragionevole certezza, gli effetti osservati ad una fonte specifica.

### *Conclusioni*

Gran parte degli eccessi di mortalità osservati nella coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia nei sottogruppi più esposti agli inquinanti di origine industriale sono coerenti con le indicazioni della letteratura scientifica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico (mortalità generale, per tumori, per malattie cardiovascolari) e sulla base delle evidenze scientifiche disponibili è possibile suggerire un nesso di causalità. Il comprensorio ha dunque subito effetti sulla salute della popolazione residente ascrivibili ad esposizioni ambientali ed occupazionali avvenute nel passato. Tali effetti si sommano ad importanti differenziali sociali nella mortalità riscontrati nell'area. Proprio perché lo stato di salute risulta oggi compromesso a seguito di esposizioni ambientali dei decenni trascorsi, è indispensabile attuare oggi le misure di prevenzione primaria limitando la esposizione della popolazione a tutte le fonti inquinanti presenti sul territorio legate agli impianti energetici, al riscaldamento, al traffico stradale e al traffico marittimo.

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Osservatorio ambientale centrale termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord, Rapporto 2010.
2. Osservatorio ambientale centrale termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord, Rapporto 2011.
3. Osservatorio ambientale centrale termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord, Rapporto 2012.
4. [http://www.istitutodistribuzione superiore.191.it/arch\\_ind/cementificio.htm](http://www.istitutodistribuzione superiore.191.it/arch_ind/cementificio.htm). (ultimo accesso 26-04-2016)
5. Bonassi S, Ceppi M, Puntoni R, Valerio F, Vercelli M, Belli S, Biocca M, Comba P, Ticchiarelli L, Mariotti F, et al. Mortality studies of dockyard workers (longshoremen) in Italy. *Am. J. Ind. Med.* 7, 219–27 (1985).
6. Rapiti, E. et al. A mortality cohort study of seamen in Italy. *Am. J. Ind. Med.* 21, 863–872 (1992).
7. Forastiere, F. et al. Respiratory cancer mortality among workers employed in thermoelectric power plants. *Scan.J.Work Environ.Health* 15, 383–386 (1989).
8. Forastiere, F. et al. Effects of Environment and Passive Smoking on the Respiratory Health of Children. *Int. J. Epidemiol.* 21, 66–73 (1992).
9. Forastiere, F. et al. Bronchial responsiveness in children living in areas with different air pollution levels. *Arch. Environ. Health* 49, 111–118 (1994).
10. Fano, V. et al. Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. *Occup. Environ. Med.* 61, 757–763 (2004).
11. Fano, V. et al. Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, 1997-2004. *Epidemiol. Prev.* 30, 221–226 (2006).
12. Barbera C, Petrucci G, Pomponi G, Censimento delle sorgenti di emissione e calcolo degli inquinanti emessi in atmosfera nel comprensorio di Civitavecchia Tarquinia e Santa Marinella durante l'anno 1988. Rapporto SEPA.
13. ARIANET Srl. SPRAY. [www.aria-net.it/front/IT/codici/files/10.pdf](http://www.aria-net.it/front/IT/codici/files/10.pdf).
14. RAMS. at <<http://rams.atmos.colostate.edu/rams-description.html>> (ultimo accesso 26-04-2016)
15. Cesaroni, G., Agabiti, N., Rosati, R., Forastiere, F. & Perucci, C. A. Un indicatore sintetico di posizione socioeconomica basato sui dati del censimento 2001 per la città di Roma. *Epidemiol. Prev.* 30, 352–357 (2006).
16. Cui, P., Huang, Y., Han, J., Song, F. & Chen, K. Ambient particulate matter and lung cancer incidence and mortality: a meta-analysis of prospective studies. *Eur. J. Public Health* 25, 324–9 (2015).
17. Hamra, G. B. et al. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ. Health Perspect.* 122, 906–11 (2014).
18. Pope, C. A. et al. Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. *Circulation* 109, 71–77 (2004).
19. Beelen, R. et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ. Health Perspect.* 116, 196–202 (2008).
20. Beelen, R. et al. Long-term Exposure to Air Pollution and Cardiovascular Mortality: An Analysis of 22 European Cohorts. *Epidemiology* 25, 368–378 (2014).
21. Cesaroni, G. et al. Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of

- 
- more than a million adults in Rome. *Environ. Health Perspect.* 121, 324–331 (2013).
22. Dimakopoulou, K. et al. Air Pollution and Non-malignant Respiratory Mortality in 16 Cohorts within the ESCAPE Project. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 189, 684–96 (2014).
  23. Levesque, S., Surace, M. J., McDonald, J. & Block, M. L. Air pollution & the brain: Subchronic diesel exhaust exposure causes neuroinflammation and elevates early markers of neurodegenerative disease. *J. Neuroinflammation* 8, 105 (2011).
  24. Ritz, B. et al. Traffic-Related Air Pollution and Parkinson's Disease in Denmark: A Case-Control Study. *Environ. Health Perspect.* (2015). doi:10.1289/ehp.1409313
  25. Moolgavkar SH, Chang ET, Luebeck G, Lau EC, Watson HN, Crump KS, Boffetta P, M. R. Diesel engine exhaust and lung cancer mortality: time-related factors in exposure and risk. *Risk Anal.* 35, 663–75 (2005).
  26. Romeo, E., Ancona, L., Bauleo, L., et al. Incidenza di mesotelioma nel Lazio Rapporto sulle attività del COR Lazio Tumori professionali , 2015. <http://deplazio.net/it/tumori-professionali> (2015).
  27. Rachiotis, G., Drivas, S., Kostikas, K., Makropoulos, V. & Hadjichristodoulou, C. Respiratory tract mortality in cement workers: a proportionate mortality study. *BMC Pulm. Med.* 12, 30 (2012).
  28. Ringen, K. et al. Mortality of older construction and craft workers employed at department of energy (DOE) nuclear sites: Follow-up through 2011. *Am. J. Ind. Med.* 58, 152–167 (2015).
  29. Fragar, L., Depczynski, J. & Lower, T. Mortality patterns of Australian male farmers and farm managers. *Aust. J. Rural Health* 19, 179–184 (2011).
  30. Meyer, A., Chrisman, J., Moreira, J. C. & Koifman, S. Cancer mortality among agricultural workers from Serrana Region, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Environ. Res.* 93, 264–271 (2003).
  31. Sanchez Chaparro, M. A. et al. High cardiovascular risk in Spanish workers. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 21, 231–236 (2011).
  32. Linaker, C. & Smedley, J. Respiratory illness in agricultural workers. *Occup. Med. (Lond).* 52, 451–459 (2002).
  33. Hoppin, J. A. et al. Respiratory disease in United States farmers. *Occup. Environ. Med.* 71, 484–91 (2014).
  34. Ye, M., Beach, J., Martin, J. W. & Senthilselvan, A. Occupational pesticide exposures and respiratory health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10, 6442–6471 (2013).

---

## Appendice 1:

### Cause di morte analizzate e relativi codici ICD IX

<b>CAUSE (ICD IX)</b>
Mortalità naturale (001-799)
Tumori maligni (140-208)
Stomaco (151)
Colon e retto (153-154; 159)
Fegato (155-156)
Pancreas (157)
Laringe (161)
Trachea, bronchi e polmoni (162)
Pleura (163)
Vescica (188)
Reni (189)
Cervello e altre parti del SNC (191-192; 225)
Tessuti linfatici ed ematopoietici (200-208)
Malattie neurologiche (330-349)
Malattie cardiovascolari (390-459)
Malattie cardiache (390-429)
Malattia ischemica del cuore (410-414)
Eventi coronarici acuti (410-411)
Malattie cerebrovascolari (430-438)
Malattie respiratorie (460-519)
Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttiva - BPCO (490-492, 494, 496)
Malattie del sistema digestivo (520-579)
Malattie renali (580-599)

---

## **Appendice 2 - Guida alla lettura delle tabelle**

### **Calcolo dell'Hazard Ratio (HR) e sua interpretazione**

L'associazione tra gli indicatori di esposizione e la mortalità causa specifica della coorte è stata valutata mediante il modello di sopravvivenza di Cox. Questo modello semiparametrico è basato sull'assunto che il rapporto tra i rischi sia costante nel tempo, senza specificare il rischio al baseline. Il Rischio Relativo (RR), stimato dal modello di Cox che nello specifico prende il nome di Hazard Ratio (HR), è calcolato come rapporto tra due rischi di morire (o contrarre la malattia) ed esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo posto al numeratore rispetto al gruppo posto al denominatore. Per esempio, se l'HR di mortalità del gruppo A 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 l'HR di mortalità è pari a 0.25, i soggetti di questo gruppo hanno un rischio di morte quattro volte più piccolo di quello osservato tra i soggetti di riferimento.

A questi rischi sono associati gli intervalli di confidenza (IC), che rappresentano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il vero valore del HR (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla frequenza della malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima del HR e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza).

L'intervallo di confidenza fornisce l'informazione sulla variabilità casuale dell'associazione osservata: per intervalli stimati a 95%, la probabilità che l'associazione osservata sia nella popolazione diversa per effetto del caso è minore o uguale a 5%. La stima puntuale del HR rappresenta la miglior approssimazione dell'associazione nella popolazione studiata, tuttavia tutti i valori di HR compresi negli intervalli di confidenza stimati con questa metodologia sono ugualmente probabili.