

## **Approfondimenti sulla salute della popolazione di Barga e Galliciano e della Valle del Serchio per il sito di KME Fornaci di Barga**

Paolo Boffetta

28 ottobre 2019

### **Riassunto**

La stima degli effetti sanitari nella popolazione di Barga e Galliciano e della Valle del Serchio nel suo complesso in seguito alle modifiche delle emissioni dello stabilimento KME si è basata su dati aggregati per cinque cause di morte (effetti cronici) e due cause di ricoveri ospedalieri (effetti acuti, solo per la Valle del Serchio). La metodologia ha seguito le raccomandazioni del Ministero della Salute. La stima delle emissioni di 12 inquinanti, prima e dopo l'intervento, sono state effettuate da Ramboll I livelli emissivi delle ricadute di stabilimento, sia per le condizioni attuali autorizzate che per le condizioni future in seguito all'intervento, sono estremamente bassi e non consentono, di per sé, di ottenere delle stime apprezzabili degli indicatori sanitari. Generalmente gli effetti sanitari si riescono a quantificare a partire da livelli emissivi di qualche microgrammo per metro cubo di aria, con riferimento ai principali inquinanti dell'aria che sono NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e SO<sub>2</sub>. Conseguentemente, al fine di ottenere degli effetti quantificabili per gli indicatori sanitari, sono state adottate delle scelte altamente conservative che seppure portano ad una sovrastima, consentono di quantificare degli effetti negativi sulla salute, se presenti.

I risultati indicano degli effetti molto modesti delle emissioni attuali dello stabilimento sugli indicatori sanitari, e un effetto positivo con riduzione degli indicatori sanitari a seguito delle modifiche delle emissioni, dovuto al ruolo predominante della riduzione di inquinanti presenti prima dell'intervento, in particolare NO<sub>x</sub>, rispetto all'aumento di nuovi inquinanti dopo l'intervento, in particolare SO<sub>2</sub>. Anche se i risultati sono probabilmente imprecisi a causa dei limiti dei dati disponibili, la direzione positiva dei risultati è rassicurante.

### **Introduzione**

La stima delle possibili effetti sanitari nella popolazione di Barga e Galliciano e della Valle del Serchio delle emissioni dello stabilimento KME e delle variazioni in seguito alle modifiche proposte è basata sui dati disponibili sul sito della Regione Toscana. La metodologia seguita è quella della stima dei rischi attribuibili a partire da risultati di studi epidemiologici, come raccomandato dal Ministero della Salute (Decreto 24 aprile 2013).

## **Indicatori sanitari a Barga e Galliciano e nella Valle del Serchio**

La mortalità nella provincia di Lucca (12.7/1,000 nel 2017) è più elevata della media regionale (11.9/1,000) (Figura 1). Le Figure 2 e 3 riportano i tassi di mortalità per le cause considerate nell'analisi, rispettivamente per uomini e donne, per la Regione Toscana, la ASL di Lucca, il Distretto della Valle del Serchio, e i Comuni di Barga e Galliciano. Si nota una mortalità leggermente più elevata per malattie cardiovascolari tra le donne e per malattie respiratorie negli uomini nella Valle del Serchio; i dati comunali sono sensibili a fluttuazioni casuali ma suggeriscono a Barga un aumento della mortalità tra le donne per tutte le cause e per malattie cardiovascolari, e a Galliciano un aumento della mortalità complessiva tra gli uomini e per tumore del polmone in entrambi i sessi. Le differenze dei risultati tra i due sessi non supporta l'ipotesi di un ruolo importante delle esposizioni ambientali, riconducibili allo stabilimento o a altre fonti. Un'analisi allargata all'intera provincia mostra una mortalità più elevata in Garfagnana rispetto alla Media Valle del Serchio e alle altre aree della provincia (Figura 4); altri comuni della Garfagnana avevano un tasso più elevato di Barga e Galliciano. La presenza di un eccesso di mortalità in zone di montagna è una caratteristica comune di molte regioni italiane. La Figura 5 mostra l'esempio della provincia di Reggio nell'Emilia, che confina in parte con quella di Lucca: la zona a ridosso dell'Appennino, confinante con la Garfagnana, mostra un eccesso di mortalità rispetto alle altre parti della provincia e della regione.

## **Metodi per la valutazione dell'effetto dell'intervento**

### Popolazione inclusa nell'analisi

L'analisi ha riguardato la popolazione dei comuni di Barga e Galliciano, considerati insieme a causa della scarsa numerosità (14.198 abitanti complessivi nel 2009, anno intermedio del periodo dell'analisi di mortalità), e quella del distretto della Valle del Serchio, che comprende i 21 comuni, inclusi i due sopra citati (59.347 abitanti nel 2009).

## Indicatori sanitari

I seguenti indicatori sanitari sono stati presi in considerazione:

Effetti cronici – mortalità 2005-2014 (per Barga/Gallicano e Valle del Serchio)

Tutte le cause

Malattie cardiovascolari

Malattie cerebrovascolari (solo esposizione a rame)

Malattie respiratorie

Tutti i tumori

Tumore del polmone

Tumore della vescica (solo esposizione a IPA)

Effetti acuti – ricoveri ospedalieri 2017 (unicamente per Valle del Serchio)

Malattie cardiovascolari

Malattie respiratorie

I dati su ricoveri ospedalieri non erano disponibili a livello comunale ma unicamente a livello di distretto. Non sono stati reperiti dati su malformazioni alla nascita.

Dettagli sui dati di mortalità e ricoveri ospedalieri utilizzati nell'analisi sono riportati in Appendice 1. Il numero di decessi e ricoveri ospedalieri medi annui nelle popolazioni in studio sono riportati in Tabella 1.

## Inquinanti inclusi nell'analisi

Sono stati inclusi nell'analisi gli inquinanti presi in considerazione da Ramboll, con due eccezioni. Per CO e stagno non vi è evidenza di effetti sugli indicatori scelti alle concentrazioni in questione; questi inquinanti non sono stati ulteriormente considerati. Per il mercurio non sono stati reperiti in letteratura dati che permettessero una stima quantitativa del possibile effetto sulla mortalità generale o per cause specifiche.

Sono state usate le stime di Ramboll per le emissioni autorizzate e misurate precedenti all'intervento e quelle autorizzate successive ad esso, con l'innalzamento del camino del pirogassificatore a 50 m. In un'analisi di sensibilità, sono state usate le stime con il camino a 40 m.

Gli effetti dovuti alle modifiche dei flussi di traffico sono stati stimati da Ramboll come del tutto trascurabili rispetto alle ricadute degli inquinanti emessi dai camini di stabilimento, e non sono stati inclusi nell'analisi dei possibili effetti sugli indicatori sanitari.

#### Associazioni inquinanti – indicatori sanitari

La tabella 2 indica le associazioni tra esposizioni ed indicatori sanitari che sono prese in considerazione. La scelta si è basata su revisioni sistematiche, quali quelle contenuti nei Toxicological Profiles dell'Agency for Toxic Substances and Disease Registry degli Stati Uniti. Non per tutte le associazioni scelte a priori, tuttavia, è stato possibile reperire misure quantitative di associazione che potessero essere usate nell'analisi (vedi Tabella 2). Non sono state usate stime di rischio derivate da studi sperimentali sull'animale.

Per gli indicatori generali che comprendono indicatori più specifici (tutte le cause di morte, tutti i tumori) si sono utilizzate prioritariamente misure di associazione per l'indicatore generale. Se queste non erano disponibili, si sono riportati i risultati degli indicatori specifici. Per esempio, nell'analisi della mortalità per tutte le cause, si sono usate stime di rischio relativo (RR) per tutte le cause per PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e piombo, mentre per gli altri inquinanti sono stati riportati i risultati per gli specifici indicatori, quali il tumore del polmone per cromo e nichel.

L'Appendice 3 illustra i dettagli di ogni associazione, compresa la scelta della misura di associazione (rischio relativo o differenza percentuale) e le relative fonti bibliografiche.

#### Effetti attribuibili alle emissioni dello stabilimento

Il calcolo principale della differenza nei decessi attribuibili all'intervento (AC) si è basato sulla formula per il rischio attribuibile per esposizioni continue [Hanley, 2001]:

$$AC_{ij} = D_j * ([\exp(\ln(RR_{ij}) * S_{a2i}) - 1] / \exp(\ln(RR_{ij}) * S_{a2i}) - [\exp(\ln(RR_{ij}) * S_{a1i}) - 1] / \exp(\ln(RR_{ij}) * S_{a1i}))$$

dove, per l'inquinante i e l'indicatore j, D è il numero medio annuale di decessi osservati nella popolazione, RR è il rischio relativo per un aumento unitario di esposizione, e S<sub>a1</sub> e S<sub>a2</sub> sono le emissioni autorizzate basate sulle stime fatte da Ramboll (nello scenario con innalzamento del camino a 50 m) prima e dopo l'intervento, rispettivamente. Le unità di esposizione variavano secondo gli agenti presi in

considerazione:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , piombo, mercurio, rame e cromo;  $\text{ng}/\text{m}^3$  per IPA, arsenico, cadmio e nichel, e  $\text{fg}/\text{m}^3$  per PCDD/F (Appendice 2) .

Un calcolo secondario dei casi attribuibili (AC') alla modifica delle emissioni è basato sulla differenza tra l'emissione misurata dopo l'intervento e quella misurata prima dell'intervento:

$$AC'_{ij} = D_j * ([\exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{m2i}) - 1] / \exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{m2i}) - [\exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{m1i}) - 1] / \exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{m1i}))$$

dove  $S_{m1}$  e  $S_{m2}$  sono le emissioni misurate prima e dopo l'intervento. Poiché per definizione l'emissione misurata dopo l'intervento ( $S_{m2}$ ) non è disponibile, questa è stata calcolata a partire dal rapporto delle corrispondenti emissioni autorizzate (assumendo cioè che l'intervento possa avere un effetto sulle esposizioni misurate uguale a quello stimato sulle esposizioni autorizzate):

$$S_{m2} = S_{m1} * S_{a2} / S_{a1}$$

Il calcolo secondario basato sui valori misurati non è stato effettuato per gli inquinanti che non erano stati misurati prima dell'intervento perché non emessi ( $\text{SO}_2$ , IPA, arsenico, mercurio).

Le stime dei decessi attribuibili alle emissioni attuali (precedenti all'intervento, AA) sono ovviamente ristrette alla seconda parte delle equazioni riportate sopra:

$$AA_{ij} = D_j * [\exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{k1i}) - 1] / \exp(\ln(\text{RR}_{ij}) * S_{k1i})$$

Il calcolo del numero della differenza dei ricoveri attribuibile all'intervento (AH) si è basato su una regressione lineare:

$$AH_{ij} = H_j * (1 + E_{ij} * [S_{a2i} - S_{a1i}]),$$

dove H è il numero annuale di ricoveri osservati nella popolazione, E è la differenza percentuale unitaria di ricoveri, e  $S_{a1}$  e  $S_{a2}$  rappresentano le esposizioni autorizzate prima e dopo l'intervento, come definite sopra. Anche per i ricoveri ospedalieri è stata condotta un'analisi secondaria basata sulle esposizioni misurate ( $S_{m^*}$ ) al posto di quelle autorizzate ( $S_{a^*}$ ).

I numeri di decessi e ricoveri ospedalieri attribuibili alle emissioni attuali e alle modifiche in seguito all'intervento sono stati trasformati in tassi annuali per 1.000 abitanti usando come denominatori le popolazioni del 2009, l'anno intermedio del periodo analizzato per la mortalità.

### Analisi di sensibilità

Sono state condotte due analisi di sensibilità:

- Stratificazione per sesso;
- Risultati dell'intervento con camino del pirogassificatore a 40 m.

### **Risultati**

#### Effetti attribuibili alle emissioni attuali dello stabilimento

I tassi di mortalità attribuibile alle emissioni attuali dello stabilimento sono riportati nella tabella 3A per Barga/Gallicano e 4A per la Valle del Serchio. Sulla base delle emissioni autorizzate, 0,046 decessi per 1.000 abitanti a Barga/Gallicano sono attribuibili annualmente alle emissioni attuali, e 0,045/1.000 abitanti nella popolazione della Valle del Serchio. I dati corrispondenti basati sulle emissioni misurate sono pari allo 0,0020/1.000 abitanti a Barga/Gallicano e 0,0019/1.000 abitanti nella Valle del Serchio. I numeri assoluti corrispondenti sono riportati nelle tabelle 3B e 4B.

#### Differenze attribuibili alle modifiche delle emissioni in seguito all'intervento

Le tabelle 5A e 6A riportano i risultati dell'analisi delle differenze nei tassi di mortalità e di ricoveri ospedalieri attribuibili al cambiamento stimato dei valori autorizzati e dei valori misurati a Barga/Gallicano e nella Valle del Serchio, rispettivamente. Le stime riportate in tali tabelle mostrano una riduzione degli indicatori sanitari. In dettaglio, la riduzione annuale delle emissioni comporterà una riduzione calcolata in base alla stima delle emissioni autorizzate sarà pari a 0,027 decessi per 1,000 abitanti a Barga e Gallicano, e 0,026/1.000 abitanti nella Valle del Serchio; circa la metà della riduzione è attribuita alle malattie cardiovascolari. Per le emissioni misurate, la stima per entrambe le popolazioni è di una riduzione pari a 0,0011 decessi per 1.000 abitanti. Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri, a seguito dell'intervento si stima, in base alla modifica delle emissioni autorizzate, una riduzione, nella Valle del Serchio, pari a 0,025/1.000 per i ricoveri per malattie cardiovascolari e a 0,0064/1.000 per quelli per malattie respiratorie. I risultati per la differenza nelle esposizioni misurate indicano degli effetti molto più

ridotti, in ragione dei minori valori misurati e, in parte, dell'esclusione di alcuni inquinanti dall'analisi per la mortalità. I numeri assoluti corrispondenti sono riportati nelle tabelle 5B e 6B.

Questi valori si distribuiscono in maniera simile tra uomini e donne, come conseguenza del fatto di aver utilizzato le stesse misure di esposizione e di associazione per i due sessi; l'unica importante eccezione è il tumore del polmone, che è più frequente negli uomini.

La tabella 7 riporta i risultati dell'analisi sulla mortalità per gli specifici inquinanti, limitata alla Valle del Serchio (l'analisi per Barga/Galliciano ha mostrato risultati molto simili). L'effetto principale sulla mortalità complessiva e quella cardiovascolare e polmonare è dovuto alla riduzione dell'esposizione a  $\text{NO}_x$ , ed è solo parzialmente compensato dall'aumento di esposizione a  $\text{SO}_2$ . Per i tumori complessivi ed il tumore polmonare, l'effetto principale è dovuto al  $\text{PM}_{10}$  e, per il tumore del polmone, al cromo. Anche nel caso dei ricoveri ospedalieri (Tabella 8) l'effetto predominante è quello attribuibile a  $\text{NO}_x$ .

I risultati dell'analisi di sensibilità con camino a 40 m, limitatamente alla Valle del Serchio, sono riportati in Tabella 9. Come conseguenza delle piccole differenze tra le esposizioni stimate nei due scenari di altezza dei camini (Appendice 2), i risultati dell'analisi di sensibilità sono simili a quelli dell'analisi principale. Anche in questo caso i risultati per Barga/Galliciano non si discostano da quelli dell'analisi principale.

## **Discussione**

I risultati mostrano un effetto stimato molto modesto delle emissioni attuali dello stabilimento sugli indicatori sanitari inclusi nell'analisi. In futuro, gli effetti della riduzione delle emissioni di numerosi inquinanti sono più importanti di quelli derivanti dall'introduzione di nuovi inquinanti. Inoltre, gli effetti stimati per gli inquinanti classici dell'aria, quali  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{PM}_{10}$  sono più importanti di quelli stimati per gli IPA, i metalli e le diossine. L'analisi è basata sulla validità delle stime di esposizione effettuate da Ramboll (Appendice 1).

Si può notare che in base ai dati raccolti nel 2018 da ARPAT presso Fornaci di Barga, l'incidenza delle emissioni dello stabilimento sui risultati del monitoraggio è molto ridotto (Tabella 10). Questi risultati sono coerenti con quelli dei possibili effetti sanitari delle emissioni.

### Considerazioni metodologiche

Le variazioni attese nei livelli degli inquinanti sono basate sulle medie delle stime di Ramboll, che sono state stimate all'interno di un'area quadrata di 8km per 8km, pressoché centrata sullo stabilimento metallurgico, che comprende una parte dei Comuni di Barga e Galliciano. L'applicazione di queste stime all'intera popolazione dei due Comuni, e ancor più a quella dell'intero distretto della Valle del Serchio rappresenta una sovrastima dei possibili effetti. Si è scelto questo approccio, per massimizzare la stima dei possibili effetti negativi sulla salute. L'effetto protettivo reale, per la totalità degli indicatori selezionati, è quindi molto minore di quello stimato.

L'uso di livelli autorizzati, rispetto a quelli misurati, comporta una evidente sovrastima degli effetti sugli indicatori sanitari, e si giustifica, come discusso precedentemente per la scelta della popolazione in studio, da una scelta conservativa tesa a massimizzare la capacità di mettere in evidenza un possibile effetto negativo. Il calcolo basato sui livelli misurati si basa sull'assunzione forte di un'uguale modifica di questi e dei valori autorizzati. Non essendo disponibile dati per validare questa assunzione, i risultati basati sui valori misurati, che indicano effetti circa un ordine di grandezza inferiori a quelli basati sui valori autorizzati, sono da prendere con cautela.

La mancanza di dati di mortalità e ricoveri ospedalieri disaggregati per età non ha permesso di prendere in considerazione un possibile effetto di latenza tra esposizione e mortalità, stimato ad almeno 5-10 anni per le malattie cardiovascolari e polmonari, e oltre i 15 anni per i tumori. L'uso di dati di esposizione e mortalità riferiti allo stesso periodo comporta l'assunzione di una stabilità temporale di questi ultimi. Il fatto che la mortalità per tutte le cause prese in considerazione sia diminuita in Toscana durante le ultime decadi si traduce in una possibile sovrastima dei risultati.

La maggior parte delle stime di rischio utilizzate non sono aggiustate per possibili confondenti e modificatori di effetto, a parte l'età. Questo problema è particolarmente rilevante per il fumo di tabacco, che è un fattore di rischio di tutte le malattie e condizioni prese in esame, e può verosimilmente essere associato all'esposizione ai diversi inquinanti. In particolare, il fumo rappresenta una sorgente molto importante (predominante in caso di assenza di esposizione occupazionale) di numerosi inquinanti considerati, quali gli IPA e i metalli. Questo comporta una correlazione positiva tra fumo e inquinanti, che, se non viene corretta (aggiustata) in fase di analisi, produce una sovrastima dell'effetto degli inquinanti. Inoltre cambiamenti temporali nella prevalenza di confondenti e modificatori di effetto (per



esempio, la diminuzione dell'abitudine al fumo) complicano ulteriormente l'interpretazione dei risultati come stime di effetti futuri.

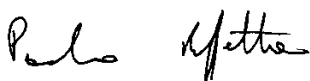
Un altro problema metodologico, connesso al precedente, è quello dell'eterogeneità geografica e metodologica degli studi presi in considerazione per la stima degli effetti dei diversi inquinanti. Questo contribuisce a spiegare le apparenti incoerenze nei risultati. Per esempio, gli effetti stimati sulla mortalità per tumore del polmone rappresentano circa il 10% di quelli stimati sulla mortalità per tutti i tumori, nonostante il fatto che il polmone rappresenti verosimilmente il principale organo bersaglio della cancerogenicità degli inquinanti dell'aria [Malhotra et al., 2016]. Analogamente, la somma delle stime per le singole cause di morte rappresenta circa la metà della stima per la mortalità complessiva, nonostante che le cause prese in considerazione siano quelle più fortemente associate all'inquinamento dell'aria.

L'uso di risultati da studi condotti in popolazioni differenti da quella in esame è un problema generale di questo tipo di stime. Questo fatto può riflettere circostanze di esposizione differenti da quelle in esame (composizioni di miscele complesse, variazioni temporali, condizioni metereologiche prevalenti ecc.), e il contributo di confondenti e modificatori di effetto che differiscono da quelli nella popolazione in esame (per es. abitudine al fumo). Si è cercato di ovviare a questo problema dando la priorità a meta-analisi, studi multicentrici, e studi condotti in Italia.

### Conclusioni

I livelli emissivi stimati dello stabilimento sono molto bassi e non consentono una quantificazione apprezzabile dei possibili effetti sanitari: questo ha comportato l'applicazione di una serie di assunzioni conservative in modo da massimizzare gli effetti che evidentemente risultano sovrastimati. Tenendo conto di questo fatto, i risultati ottenuti dall'analisi delle emissioni attuali indicano degli effetti molto modesti sugli indicatori sanitari scelti, in particolare tenendo conto del fatto che, come discusso in dettaglio sopra, questi rappresentano verosimilmente una sovrastima dei dati reali. In futuro, i risultati indicano un effetto positivo (un più che dimezzamento atteso di mortalità e ricoveri ospedalieri) dovuto al ruolo predominante della riduzione di inquinanti già presenti, in particolare NO<sub>x</sub>, rispetto all'aumento di nuovi inquinanti, in particolare SO<sub>2</sub>.

28/10/2019



## Referenze

- Armstrong BG, Hutchinson E, Fletcher T. Cancer Risk Following Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A Meta-Analysis (Rep. No. 068), Sudbury, Health and Safety Executive, 2002. [<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr068.pdf>]
- Armstrong B, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2004;112:970-8.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Mercury. Atlanta, GA: ATSDR, 1999.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Copper. Atlanta, GA: ATSDR, 2004.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Nickel. Atlanta, GA: ATSDR, 2005.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Arsenic. Atlanta, GA: ATSDR, 2007.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta, GA: ATSDR, 2012a.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, GA: ATSDR, 2012b.
- Bauleo L, Bucci S, Antonucci C, et al. Long-term exposure to air pollutants from multiple sources and mortality in an industrial area: a cohort study. *Occup Environ Med* 2019;76:48-57.
- Beelen R, Stafoggia M, Raaschou-Nielsen O, et al. Long-term exposure to air pollution and cardiovascular mortality: an analysis of 22 European cohorts. *Epidemiology* 2014a;25:368-78.
- Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 2014b;383:785-95.
- Bertke SJ, Lehman EJ, Wurzelbacher SJ, Hein MJ. Mortality of lead smelter workers: A follow-up study with exposure assessment. *Am J Ind Med* 2016;59:979-86.
- Chowdhury R, Ramond A, O'Keeffe LM, et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2018;362:k3310.
- Colais P, Faustini A, Stafoggia M, et al. Particulate air pollution and hospital admissions for cardiac diseases in potentially sensitive subgroups. *Epidemiology* 2012;23:473-81.
- Hamra GB, Guha N, Cohen A, et al. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2014;122:906-11.

- Hanley JA. A heuristic approach to formulas for population attributable fraction. *J Epidemiol Community Health* 2001;55:508–14.
- Hansell A, Ghosh RE, Blangiardo M, et al. Historic air pollution exposure and long-term mortality risks in England and Wales: prospective longitudinal cohort study. *Thorax* 2016;71:330-8.
- Hertz-Picciotto I, Arrighi HM, Hu SW. Does arsenic exposure increase the risk for circulatory disease? *Am J Epidemiol* 2000;151:174-81.
- Logue JN, Koontz MD, Hattwick MA. A historical prospective mortality study of workers in copper and zinc refineries. *J Occup Med* 1982;24:398-408.
- Malhotra J, Malvezzi M, Negri E, La Vecchia C, Boffetta P. Risk factors for lung cancer worldwide. *Eur Respir J* 2016;48:889-902.
- National Institute for Occupational Safety and Health. Kennecott Smelter, Hurley, New Mexico. Health Hazard Evaluation Report N. 84-038. HETA 84-038-1513. Cincinnati, OH: NIOSH, 1984
- Nuvolone D, Voller F, Biggeri A. Stato di salute dei residenti nell'area della Valle del Serchio. Presentazione 3 ottobre 2018
- Song Q, Christiani DC, Wang XR, Ren J. The global contribution of outdoor air pollution to the incidence, prevalence, mortality and hospital admission for chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11:11822-32.
- Stockfelt L, Andersson EM, Molnár P, et al. Long term effects of residential NO(x) exposure on total and cause-specific mortality and incidence of myocardial infarction in a Swedish cohort. *Environ Res* 2015;142:197-206.
- United States Environmental Protection Agency. Dose-Response Assessment for Assessing Health Risks Associated With Exposure to Hazardous Air Pollutants. Washington, DC: US EPA, 2018  
[<https://www.epa.gov/fera/dose-response-assessment-assessing-health-risks-associated-exposure-hazardous-air-pollutants>]
- Zhang Y, Wang SG, Ma YX, et al. Association between Ambient Air Pollution and Hospital Emergency Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases in Beijing: a Time Series Study. *Biomed Environ Sci* 2015;28:352-63.

Tabella 1. Numero di decessi e ricoveri ospedalieri medi annui nelle popolazioni in studio.

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	B/G	VdS	B/G	VdS	B/G	VdS
Mortalità (2005-2014)						
Tutte le cause	84.6	354.7	101.7	402.4	186.3	757.1
Mal. cardiovascolari	29.4	118.8	45.5	180.9	74.9	299.7
Mal. respiratorie	7.9	39.3	6.4	24.0	14.3	63.3
Tutti i tumori	27.1	113.0	24.3	91.4	51.4	204.4
Tumore polmone	6.5	28.3	3.8	11.2	10.3	39.5
Ricoveri ospedalieri (2017)*						
Tutte le cause	-	4040	-	4202	-	8242
Mal. cardiovascolari	-	822	-	597	-	1419
Mal. respiratorie	-	351	-	338	-	689

B/G, Barga e Galliciano

VdS, Valle del Serchio

\* Disponibili solo per la Valle del Serchio

Tabella 2. Associazioni esposizioni – effetti sanitari prese in considerazione. Le associazioni incluse nell’analisi sono indicate in grigio scuro, quelle per cui non è stato possibile derivare una stima sono indicate in grigio chiaro.

Esposizione	Mortalità				Ricoveri ospedalieri		
	Tutte le cause	Mal. cardiovas.	Mal. respirat.	Tumori	Tumore polmone	Mal Cardio	Mal Polm
PM <sub>10</sub>							
NO <sub>x</sub>							
SO <sub>2</sub>							
IPA	†			†			
Arsenico	**			‡			
Cadmio	**			‡			
Nichel	‡			‡			
Piombo							
Mercurio							
Rame	††	††					
Cromo	‡			‡			
PCDD/F	*						

\* tutti i tumori

† tumori del polmone e della vescica

‡ tumore del polmone

†† malattie cerebrovascolari

\*\* tumore del polmone e malattie cardiovascolari

Tabella 3A. Tasso di mortalità (/1,000 abitanti) attribuibile alle emissioni attuali – Barga/Gallicano

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Tutte le cause	0.0429	0.00184	0.0487	0.00207	0.0459	0.00196
Mal. cardiovascolari	0.0137	0.000512	0.0201	0.000759	0.0170	0.000638
Mal. respiratorie	0.00199	0.000086	0.00155	0.000066	0.00176	0.000076
Tutti i tumori	0.0115	0.00112	0.00993	0.000966	0.0107	0.00104
Tumore polmone	0.00118	0.000105	0.000704	0.000062	0.000937	0.000083

Tabella 3B. Numero di decessi annuali attribuibili alle emissioni attuali – Barga/Gallicano.

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Tutte le cause	0.298	0.0128	0.353	0.015	0.651	0.0278
Mal. cardiovascolari	0.095	0.00356	0.146	0.0055	0.241	0.00906
Mal. respiratorie	0.0138	0.0006	0.0112	0.00048	0.025	0.00108
Tutti i tumori	0.08	0.0078	0.072	0.007	0.152	0.0148
Tumore polmone	0.0082	0.00073	0.0051	0.00045	0.0133	0.00118

A: esposizioni autorizzate

M: esposizioni misurate

Tabella 4A. Tasso di mortalità (/1.000 abitanti) attribuibile alle emissioni attuali – Valle del Serchio.

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Tutte le cause	0.0431	0.00186	0.0465	0.00201	0.0448	0.00194
Mal. cardiovascolari	0.0131	0.000517	0.0195	0.000726	0.0163	0.000623
Mal. respiratorie	0.00238	0.000103	0.00267	0.000115	0.00253	0.000110
Tutti i tumori	0.0114	0.00114	0.00891	0.000858	0.0101	0.000994
Tumore polmone	0.00131	0.000114	0.000495	0.000043	0.000893	0.000077

Tabella 4B. Numero di decessi annuali attribuibili alle emissioni attuali – Valle del Serchio.

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Tutte le cause	1.25	0.054	1.41	0.061	2.66	0.115
Mal. cardiovascolari	0.38	0.015	0.59	0.022	0.97	0.037
Mal. respiratorie	0.069	0.0030	0.081	0.0035	0.15	0.0065
Tutti i tumori	0.33	0.033	0.27	0.026	0.6	0.059
Tumore polmone	0.038	0.0033	0.015	0.0013	0.053	0.0046

A: esposizioni autorizzate

M: esposizioni misurate

Tabella 5A. Modifica del tasso di mortalità (/1.000) attribuibile alle modifiche delle emissioni.  
Barga/Gallicano

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Mortalità						
Tutte le cause	-0.0252	-0.00105	-0.0280	-0.00121	-0.0266	-0.00113
Mal. cardiovascolari	-0.00964	-0.00033	-0.0143	-0.00049	-0.0120	-0.00041
Mal. respiratorie	-0.00134	-0.000049	-0.00105	-0.000035	-0.00119	-0.000042
Tutti i tumori	-0.00335	-0.00033	-0.00297	-0.00028	-0.00316	-0.00030
Tumore polmone	-0.00040	-0.000031	-0.00024	-0.000018	-0.00032	-0.000024

A: differenza nelle esposizioni autorizzate

M: differenza nelle esposizioni misurate

Tabella 5B. Modifica del numero annuale di decessi attribuibile alle modifiche delle emissioni.  
Barga/Gallicano

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
Mortalità						
Tutte le cause	-0.175	-0.0073	-0.203	-0.0088	-0.378	-0.0161
Mal. cardiovascolari	-0.067	-0.00228	-0.104	-0.00356	-0.171	-0.00584
Mal. respiratorie	-0.0093	-0.00034	-0.0076	-0.000255	-0.0169	-0.0006
Tutti i tumori	-0.0233	-0.0023	-0.0215	-0.00203	-0.0448	-0.00433
Tumore polmone	-0.0028	-0.000213	-0.00173	-0.00013	-0.00453	-0.00034

A: differenza nelle esposizioni autorizzate

M: differenza nelle esposizioni misurate



Tabella 6A. Modifica del tasso di mortalità e ricoveri ospedalieri (/1.000) attribuibile alle modifiche delle emissioni. Valle del Serchio

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
<b>Mortalità</b>						
Tutte le cause	-0.0248	-0.00107	-0.0267	-0.00115	-0.0258	-0.00111
Mal. cardiovascolari	-0.00930	-0.00032	-0.0135	-0.00046	-0.0115	-0.00039
Mal. respiratorie	-0.00158	-0.000059	-0.00092	-3.3E-05	-0.00125	-0.000045
Tutti i tumori	-0.00341	-0.00033	-0.00261	-0.00026	-0.00300	-0.00029
Tumore polmone	-0.00041	-0.000033	-0.00016	-0.000013	-0.00029	-0.000023
<b>Ricoveri ospedalieri</b>						
Mal. cardiovascolari	-0.0300	-0.00010	-0.0211	-0.000069	-0.0254	-0.000084
Mal. respiratorie	-0.00655	-0.00024	-0.00627	-0.00023	-0.00640	-0.00024

A: differenza nelle esposizioni autorizzate

M: differenza nelle esposizioni misurate

Tabella 6B. Modifica del numero di decessi e ricoveri ospedalieri annuali attribuibili alle modifiche delle emissioni. Valle del Serchio

Indicatore	Uomini		Donne		Totale	
	A	M	A	M	A	M
<b>Mortalità</b>						
Tutte le cause	-0.72	-0.031	-0.81	-0.035	-1.53	-0.066
Mal. cardiovascolari	-0.27	-0.0093	-0.41	-0.014	-0.68	-0.0233
Mal. respiratorie	-0.046	-0.0017	-0.028	-0.0010	-0.074	-0.0027
Tutti i tumori	-0.099	-0.0096	-0.079	-0.0078	-0.178	-0.0174
Tumore polmone	-0.012	-0.00097	-0.0050	-0.00039	-0.017	-0.00136
<b>Ricoveri ospedalieri</b>						
Mal. cardiovascolari	-0.87	-0.0029	-0.64	-0.0021	-1.51	-0.0050
Mal. respiratorie	-0.19	-0.0071	-0.19	-0.0069	-0.38	-0.014

A: differenza nelle esposizioni autorizzate

M: differenza nelle esposizioni misurate

Tabella 7. Analisi di mortalità – risultati dettagliati. Numero di decessi totali annuali attribuibili alle modifiche delle emissioni autorizzate per specifiche associazioni tra inquinanti. Valle del Serchio.

	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	IPA	Arse- nico	Cadmio	Nichel	Piombo	Rame	Cromo	PCDDF	Totale
Uomini	-63*10 <sup>-3</sup>	-77*10 <sup>-2</sup>	12*10 <sup>-2</sup>	14*10 <sup>-7</sup>	24*10 <sup>-6</sup>	-92*10 <sup>-5</sup>	-26*10 <sup>-6</sup>	-21*10 <sup>-4</sup>	-24*10 <sup>-5</sup>	-28*10 <sup>-4</sup>	-42*10 <sup>-8</sup>	-72*10 <sup>-2</sup>
Donne	-71*10 <sup>-3</sup>	-87*10 <sup>-2</sup>	14*10 <sup>-2</sup>	54*10 <sup>-8</sup>	21*10 <sup>-6</sup>	-14*10 <sup>-4</sup>	-10*10 <sup>-6</sup>	-23*10 <sup>-4</sup>	-44*10 <sup>-5</sup>	-11*10 <sup>-4</sup>	-32*10 <sup>-8</sup>	-81*10 <sup>-2</sup>
Totale	-13*10 <sup>-2</sup>	-16*10 <sup>-1</sup>	26*10 <sup>-2</sup>	19*10 <sup>-7</sup>	45*10 <sup>-6</sup>	-23*10 <sup>-4</sup>	-36*10 <sup>-6</sup>	-44*10 <sup>-4</sup>	-68*10 <sup>-5</sup>	-39*10 <sup>-4</sup>	-74*10 <sup>-8</sup>	-15*10 <sup>-1</sup>

Tabella 8. Analisi di morbidità – risultati dettagliati. Numero di ricoveri ospedalieri annuali attribuibili alle modifiche delle emissioni autorizzate per specifiche associazioni tra inquinanti e indicatori sanitari. Valle del Serchio (uomini e donne)

Indicatori	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Totale
Mal. cardiovascolari	-15*10 <sup>-3</sup>	-50*10 <sup>-2</sup>		-50*10 <sup>-2</sup>
Mal. respiratorie	-62*10 <sup>-4</sup>	-14*10 <sup>-2</sup>	71*10 <sup>-4</sup>	-14*10 <sup>-2</sup>

Tabella 9. Analisi di sensibilità; scenario con camino del pirogassificatore a 40 m. Numero di decessi e ricoveri ospedalieri attribuibili alle modifiche delle emissioni autorizzate. Valle del Serchio

Indicatore	Uomini	Donne	Totale
<b>Mortalità</b>			
Tutte le cause	-0.66	-0.75	-1.41
Mal. cardiovascolari	-0.26	-0.40	-0.66
Mal. respiratorie	-0.044	-0.028	-0.072
Tutti i tumori	-0.072	-0.058	-0.130
Tumore polmone	-0.0073	-0.0029	-0.010
<b>Ricoveri ospedalieri</b>			
Mal. cardiovascolari	-0.85	-0.62	-1.47
Mal. respiratorie	-0.19	-0.19	-0.38

Tabella 10. Confronto tra i risultati della campagna monitoraggio ARPAT a Fornaci di Barga (2018) e i risultati delle simulazioni presso il ricettore R3

Inquinante	Unità di misura	Valore misurato	Risultati campagna monitoraggio ARPAT a Fornaci di Barga (2018)	Risultati simulazioni presso il ricettore R3 nello scenario emissivo attuale misurato	Proporzione dovuta allo stabilimento
CO	[mg/m <sup>3</sup> ]	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	2,1	0,00262	0,12%
NO <sub>2</sub>	[µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	17	0,137	0,81%
PM <sub>10</sub>	[µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	29	0,0490	0,17%
Piombo	[ng/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	4	0,056	1,40%
Arsenico*	[ng/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	0,3	-	-
Cadmio	[ng/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	0,4	0,03	7,50%
Nichel	[ng/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	1,8	0,0518	2,88%
Rame	[µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	0,02	0,00497	24,85%
Stagno	[µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	0,001	0,000056	5,60%
SO <sub>2</sub> *	[µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale	12	-	-

\* Inquinante non presente tra le emissioni autorizzate attuali.

Figura 1. Tasso di mortalità per tutte le cause (/1,000) nelle provincie della Toscana (media regione 11.9/1000) – entrambi i sessi, 2017 [<https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/it/it/classifiche/tasso-mortalita/province/toscana/9/2>]

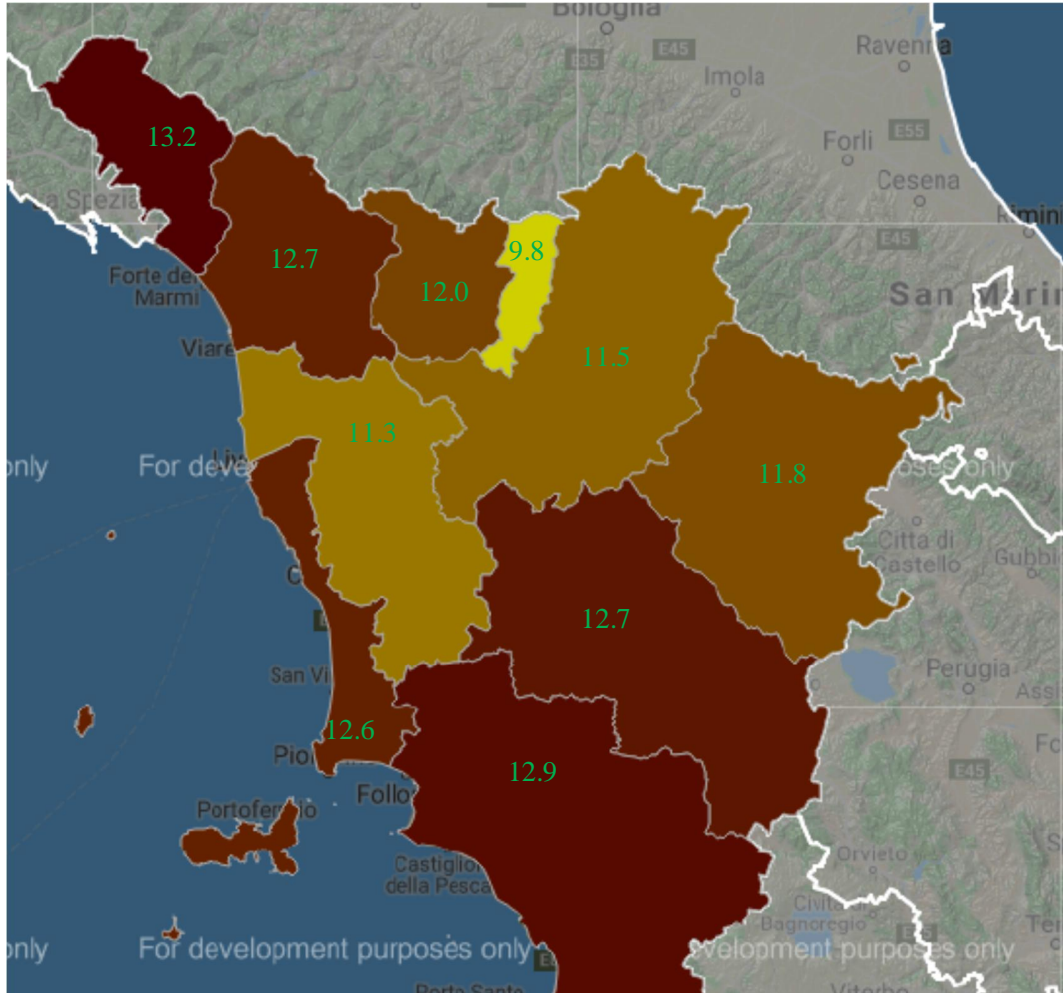


Figura 2. Tassi standardizzati di mortalità – uomini (2005-2014) [<https://www.ars.toscana.it/relazione-comuni.html#>, standard: Toscana 2000]

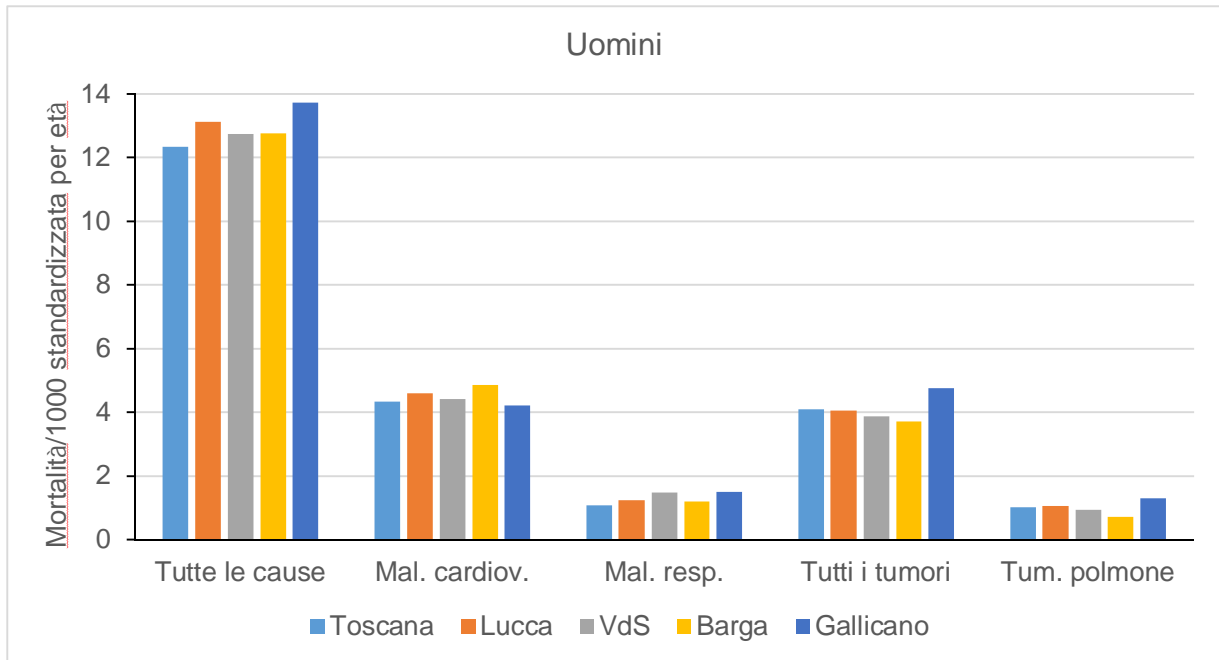


Figura 3. Tassi standardizzati di mortalità – donne (2005-2014) [<https://www.ars.toscana.it/relazione-comuni.html#>, standard: Toscana 2000]

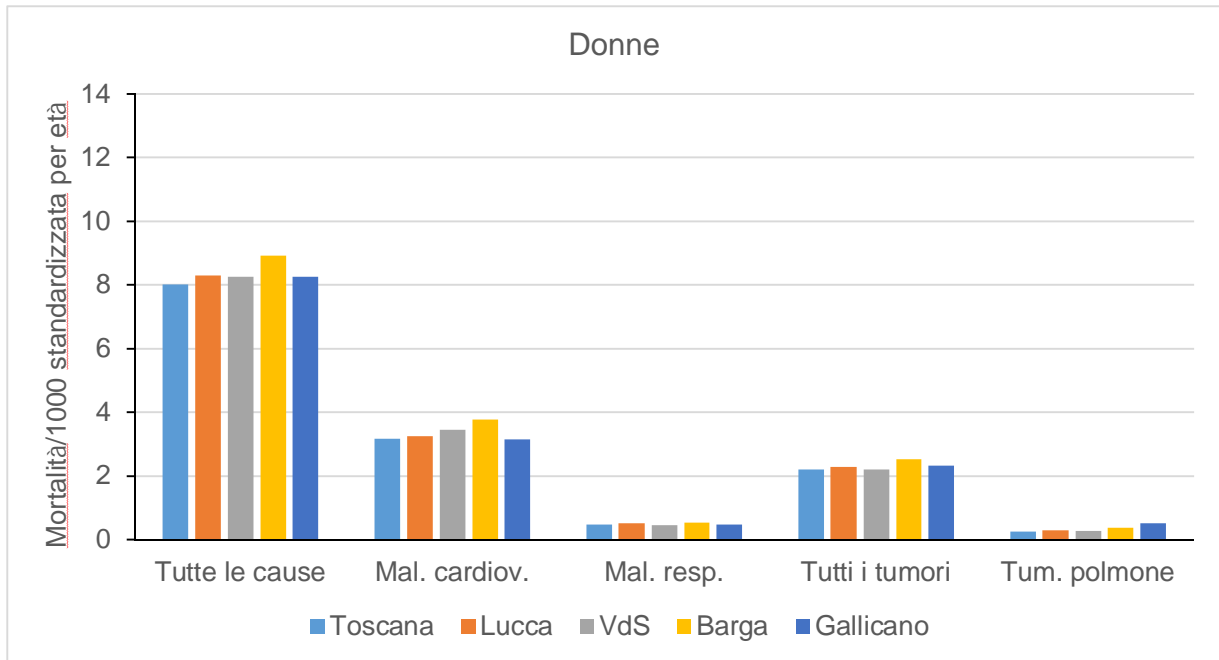




Figura 4. Rapporto di mortalità per tutte le cause tra i comuni della provincia di Lucca e la Regione Toscana – entrambi i sessi, 2017 [<https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/it/it/classifiche/tasso-mortalita/comuni/lucca/46/3>]

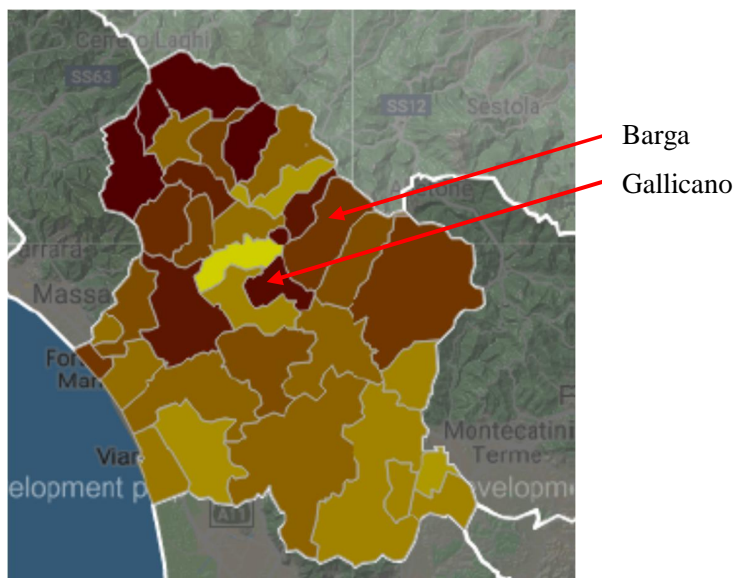
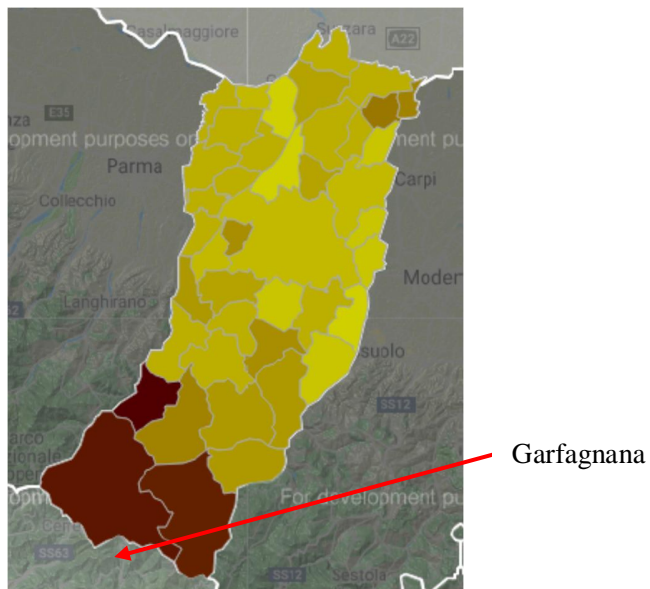


Figura 5. Rapporto di mortalità per tutte le cause tra i comuni della provincia di Reggio nell'Emilia e la Regione Emilia-Romagna – entrambi i sessi, 2017 [<https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/it/it/classifiche/tasso-mortalita/comuni/reggio-nell-emilia/35/3>]



Appendice 1. Fonti di dati di mortalità e ricoveri ospedalieri utilizzati nell'analisi

Indicatore	Fonte	Anni
<b>Mortalità</b>		
Tutte le cause	ARS, standard: Toscana 2000 (1)	2005-2014
Malattie cardiovascolari	ARS, standard: Toscana 2000 (1)	2005-2014
Malattie cerebro-vascolari	ARS (2), rapporto tra ASL Lucca e Valle del Serchio per mal. cardiovasc.*	2015
Malattie respiratorie	ARS, standard: Toscana 2000 (1)	2005-2014
Tutti i tumori	ARS, standard: Toscana 2000 (1)	2005-2014
Tumore del polmone	ARS, standard: Toscana 2000 (1)	2005-2014
Tumore della vescica	OSR (3), rapporto tra tumore del polmone e tumore della vescica**	2013-2015
<b>Ricoveri ospedalieri</b>		
Malattie cardiovascolari	OSR (3)	2017
Malattie respiratorie	OSR (3)	2017

\* Rapporto malattie cardiovascolari/malattie cerebrovascolari = 3.57

\*\* Rapporto tumore del polmone/tumore della vescica = 5.0 (uomini), 8.42 (donne)

1. <https://www.ars.toscana.it/relazione-comuni.html#>

2. <http://www.regione.toscana.it/en/-/cause-di-morte-in-toscana-dati-2015>

3. <http://www.regione.toscana.it/documents/guest/Documenti/Speciali/Osservatorio%20sociale%20regionale/Pubblicazioni/Programmazione%20socio-sanitaria/Set%20indicatori/>

Appendice 2. Concentrazioni di inquinanti stimate da Ramboll (valori medi nel dominio di calcolo)

Inquinante	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	IPA	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo	Mercurio	Rame	Cromo	PCDD/F
Unità di misura	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	fg/m <sup>3</sup>
Scenario												
SAA	0.15	1.5	0	0	0	0.53	5.30	0.03	0	0.09	0.01	1.5
SAM	0.015	0.046	0	0	0	0.008	0.01	0.000009	0	0.002	0.00001	0.57
SFI	0.11	0.36	0.09	0.03	0.11	0.26	1.51	0.01	0.000064	0.08	0.0039	0.55
SFNI	0.12	0.38	0.11	0.04	0.13	0.28	1.58	0.01	ND	ND	ND	0.60

SAA, scenario attuale autorizzato: emissioni dai camini pari ai valori massimi autorizzati vigenti

SAM, scenario attuale misurato: emissioni dai camini pari ai valori massimi misurati durante i monitoraggi del 2018

SFI, scenario futuro con innalzamento: emissioni dai camini pari ai valori massimi da autorizzare; l'altezza del camino del gassificatore è stata innalzata a 50 m

SFNI, scenario futuro senza innalzamento: emissioni dai camini pari ai valori massimi da autorizzare; l'altezza del camino è di 40 m

ND, non disponibile

### Appendice 3. Scelta delle misure di associazione tra esposizione a inquinanti e effetti sulla salute.

La scelta delle misure di associazione (rischi relativi [RR] per mortalità, differenza percentuale per ricoveri ospedalieri) si è basata in ordine di priorità su risultati disponibili da (i) rapporti di agenzie nazionali o internazionali, (ii) meta-analisi o studi multicentrici, con preferenza a studi europei, (iii) studi italiani, (iv) studi non italiani.

#### Mortalità

##### Tumore del polmone

PM<sub>10</sub>: Hamra et al., 2014 (Figura 1B): RR = 1.08 per 10 µg/m<sup>3</sup>

IPA: Armstrong et al. 2004 (coke oven workers): RR = 1.17 per 100 µg/m<sup>3</sup> BaP equivalente

Arsenico: Risk assessment dell'EPA (USEPA, 2018): RR = 1.0043 per µg/m<sup>3</sup>

Cadmio: Risk assessment dell'EPA (USEPA, 2018): RR = 1.0018 per µg/m<sup>3</sup>

Nichel: Risk assessment dell'EPA (USEPA, 2018): RR = 1.00024 per µg/m<sup>3</sup>

Cromo: Risk assessment dell'EPA (USEPA, 2018): RR = 1.012 per µg/m<sup>3</sup>

##### Tutti i tumori

PM<sub>10</sub>: Bauleo et al., 2019 (Tabella 4): RR 1.11 per 5.49 µg/m<sup>3</sup>

IPA tumore del polmone: vedi sopra

IPA tumore della vescica: Armstrong et al., 2002 (coke oven workers): RR = 1.04 per 100 µg/m<sup>3</sup> BaP equivalente

Arsenico, Cadmio, Nichel, Cromo: solo tumore del polmone (vedi sopra)

TCDD/F: Risk assessment dell'EPA (USEPA, 2018): RR = 34 per mg/m<sup>3</sup>

##### Malattie cardiovascolari

PM<sub>10</sub>: Beelen et al., 2014a (Tabella 3, modello 3) RR = 1.02 per 10 µg/m<sup>3</sup>

NO<sub>x</sub>: Beelen et al., 2014a (Tabella 3, modello 3) RR = 1.02 per 10 µg/m<sup>3</sup>

Arsenico: Hertz-Picciotto et al., 2000 (analisi dose risposta basata sulla tabella 4, ultima colonna; RR diviso per 35 per derivare esposizione media) RR = 1.000838 per µg/m<sup>3</sup>

Piombo: Bertke et al., 2016 [meta-regressione dei risultati dose-risposta riportati in tabella IV; RR diviso per 12.27 (durata media in anni) \* 200 (giorni/anno) per derivare esposizione media]: RR = 1.55 per mg/m<sup>3</sup>

Cadmio: Rapporto tra concentrazione in aria e urina da ATSDR (2012a, p. 345):  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0.5 \mu\text{g}/\text{g creat}$ ; RR da Chowdhury et al., 2018 (pagina 6): RR = 1.21 per  $0.75 \mu\text{g}/\text{g creat}$  (equivalenti a  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'aria)

Rame (solo malattie cerebrovascolari): RR from Logue, 1982 (SMR nei fonditori = 1.24) combinato con dati di esposizione da NIOSH, 1984 (esposizione media nelle fonderie  $0.24 \text{mg}/\text{m}^3$ )

#### Malattie respiratorie (usati RR per broncopneumopatie croniche ostruttive)

PM<sub>10</sub>: Song et al., 2014 (Tabella 1): RR = 1.02 per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

NO<sub>x</sub>: Stockfelt et al., 2015 (Tabella 4): RR = 1.01 per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

#### Tutte le cause

PM<sub>10</sub>: Beelen et al., 2014b (Tabella 4) : RR = 1.04 per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

NO<sub>x</sub>: Beelen et al., 2014b (Tabella 4): RR = 1.02 per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

SO<sub>2</sub>: Hansell et al., 2016 (Tabella Suppl C1, esposizione 1981, effetti 2002-2007) RR = 1.04 per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

IPA: No effetti oltre a tumori

Arsenico: ATSDR (2007): no effetti oltre a tumore del polmone e malattie cardiovascolari (somma dei risultati)

Cadmio: ATSDR (2012a): no effetti oltre a tumore del polmone e malattie cardiovascolari (somma dei risultati)

Nichel: ATSDR (2005): no effetti oltre a tumori del polmone e della vescica

Piombo: Bertke et al., 2016 [meta-regressione dei risultati dose-risposta riportati in tabella IV; RR diviso per 12.27 (durata media in anni) \* 200 (giorni/anno) per derivare esposizione media]: RR = 1.41 per  $\text{mg}/\text{m}^3$

Mercurio: ATSDR (1999): no dati per mortalità da malattie croniche

Rame: ATSDR (2004): no effetti oltre a malattie cerebrovascolari

Cromo: ATSDR (2012b): no effetti oltre a tumore del polmone

TCDD/F: no effetti oltre a tumori

#### Ricoveri ospedalieri

#### Malattie cardiovascolari

PM<sub>10</sub>: Colais et al., 2005 (Tabella 4, lag 0): + 0.70% per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

NO<sub>x</sub>: Colais et al., 2005 (Tabella 4, lag 0) : + 0.94% per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Arsenico: ATSDR (2007): no dati

Malattie respiratorie

PM<sub>10</sub>: Colais et al., 2005 (Tabella 8, lag 0): + 0.60% per 10 µg/m<sup>3</sup>

NO<sub>x</sub>: Colais et al., 2005 (Tabella 8, lag 0): + 0.54% per 10 µg/m<sup>3</sup>

SO<sub>2</sub>: Zhang et al., 2015 (Tabella 3, lag 0): + 0.35%