



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

**G. De Palma, S. Catalani,
E. Madeo, C. Tomasi, P. Apostoli**

Dipartimento Specialità
Medico Chirurgiche (DSMC)
Sanità Pubblica

VALUTAZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

NEL BACINO PADANO
E NEL TERRITORIO
BRESCIANO

Parte terza

VALUTAZIONE
EPIDEMIOLOGICA
DEGLI EFFETTI
SULLA



SALUTE

DEI PRINCIPALI
INQUINANTI ATMOSFERICI

A2A e l'Università degli Studi di Brescia hanno siglato nel 2015 una Convenzione Quadro per la collaborazione scientifica finalizzata allo studio della salute e alla promozione del benessere delle persone e dell'ambiente, inquadrata nel contesto del progetto strategico di Ateneo Health & Wealth, allo scopo di incentivare la convergenza di competenze multidisciplinari sulle questioni ambiente e salute.

Nell'ambito di tale convenzione è stato concordato lo studio (della durata di due anni) oggetto di queste relazioni al fine di valutare in modo integrato l'inquinamento atmosferico e il suo impatto sulla salute nel bacino padano con un focus particolare sul territorio bresciano.

L'inquinamento atmosferico è infatti uno dei maggiori problemi ambientali in queste aree, dove la cattiva qualità dell'aria è prodotta da avverse condizioni meteorologiche e da processi di rilascio, formazione, trasporto ed accumulo degli inquinanti. Ne deriva quindi la necessità di considerare tutte le fonti presenti sul nord Italia (bacino padano), per poter successivamente caratterizzare ambiti specifici in modo completo e preciso.

L'obiettivo del lavoro è stato la messa a punto di una metodologia integrata in grado di:

1. valutare sul territorio il peso delle emissioni atmosferiche di inquinanti quali PM₁₀, NO_x e NH₃, prendendo in considerazione tutte le fonti presenti (traffico veicolare, industrie, attività agricole e zootecniche, impianti di produzione di energia, fonti domestiche, processi di trattamento dei rifiuti, ecc.);
2. quantificare il loro coinvolgimento nei processi di formazione di inquinanti secondari (O₃, PM₁₀, NO₂);
3. identificare emissioni e ricadute sul territorio dei principali microinquinanti quali PCD-D/F, PCB e PCB-DL;
4. valutare l'efficacia di azioni di risanamento della qualità dell'aria, in particolare volte al contenimento delle concentrazioni medie di PM₁₀;
5. inquadrare dal punto di vista sanitario i contaminanti considerati individuando in particolare i parametri utili alla stima del rischio di esposizione della popolazione.

Il lavoro consta di tre parti. La prima è stata dedicata alla analisi della attuale situazione (punti 1-3), la seconda alla identificazione e descrizione di scenari futuri (punto 4) e la terza alla valutazione degli effetti sulla salute umana (punto 5).

Premessa	3
Sommario	5
1 Introduzione	7
2 Inquadramento Tossicologico	8
2.1 Particulate Matter (PM)	9
2.1.1 PM - Valutazione IARC	14
2.2 Ossidi di Azoto (NO _x)	14
2.3 Ozono (O ₃)	19
2.4 PM - Valutazione del Rischio	20
2.5 NO _x - Valutazione del Rischio	25
2.6 O ₃ - Valutazione del Rischio	28
2.7 Vie di esposizione e meccanismo d'azione	30
2.8 Riferimenti normativi	31
2.9 Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani	33
2.9.1 Cancerogenicità	35
2.9.2 Altri effetti non cancerogeni	39
2.10 Policlorobifenili	40
2.10.1 Cancerogenicità e Classificazione IARC	42
2.10.2 Altri effetti non cancerogeni	44
2.10.3 Valutazione del Rischio	48
3 Metodologia	49
3.1 Applicazione dei metodi di risk assessment quantitativo	49
3.2 Rischio non cancerogeno	51
3.3 Rischio cancerogeno	53
3.4 Fattori di calcolo nel risk assessment	55
3.4.1 Rischio Tossicologico generale per PM ₁₀ , NO ₂ e O ₃	55
3.4.2 Valutazione del rischio cancerogeno PM ₁₀	55
3.5 Valutazione del rischio tossicologico e cancerogeno POPs	56
3.6 Metodologia statistico-epidemiologica	56
4 Risultati	66
4.1 Risultati del risk assessment quantitativo	66
4.2 Risultati delle elaborazioni statistico-epidemiologiche	88
5 Discussione e conclusioni	161
6 Bibliografia	184

1 Introduzione

Nell'ambito di tale progetto, l'unità DSMC ha contribuito mettendo in relazione in modo sistematico e coerente le evidenze dell'inquinamento atmosferico della Provincia di Brescia e di alcune sue specifiche aree con i dati epidemiologici riguardanti gli effetti sulla salute umana.

In particolare, l'attività di ricerca si è focalizzata sui seguenti punti:

- dettagliato inquadramento tossicologico, comprensivo anche di specifici riferimenti circa i valori guida tossicologici;
- applicazione agli inquinanti modellati dall'unità di ricerca DIMI, ovvero particolato, ossidi di azoto, diossine, furani e policlorobifenili di modelli previsionali del rischio;
- stratificazione della popolazione bresciana per genere, classi di età, concomitanza di fattori di rischio individuale come il fumo di tabacco;
- confronto tra due modelli previsionali tossicologici (EPA, APAT) per inquinanti ritenuti traccianti del fenomeno più in generale (PM10 e POPs);
- confronto delle incidenze di patologie correlabili all'inquinamento a Brescia, rispetto ai dati nazionali, regionali ed in particolare con gli altri comuni capoluogo delle province lombarde.
- individuazione sulla base dei dati ARPA ed INEMAR di specifiche aree della provincia e loro confronto con i dati di regione Lombardia utilizzando i dati ISTAT di mortalità e dimissioni ospedaliere per i gruppi di patologie prima ricordate.

Va in ogni caso sottolineato come le patologie esaminate dal presente studio siano paradigmatiche del modello multifattoriale tipico delle patologie cronico-degenerative al cui sviluppo concorrono interazioni gene-ambiente ed interazioni tra molteplici fattori di rischio riconducibili ad esposizioni ambientali e alle componenti individuali (età, genere, abitudini alimentari e stili di vita). Per questo, accanto allo studio delle relazioni con gli inquinanti ambientali presi in esame sono state approfondite nella parte statistico-epidemiologica anche altre variabili (età, genere).

2 Inquadramento Tossicologico

A prescindere dalla loro origine, gli inquinanti sono distinti in primari e secondari. Primari sono gli inquinanti immessi direttamente in ambiente in seguito al processo che li ha prodotti, naturale o antropogenico. I principali sono quelli emessi nel corso dei processi di combustione, cioè monossido e biossido di carbonio, ossidi di azoto (principalmente sotto forma di monossido), polveri ed idrocarburi incombusti. Nel caso in cui i combustibili contengano anche zolfo, si ha inoltre emissione di anidride solforosa.

Dopo loro emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione. Subiscono inoltre dei processi di trasformazione chimico-fisica per reazioni che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce, che possono portare alla formazione di inquinanti secondari, nuove specie chimiche che spesso risultano più tossiche e con più vasto raggio d'azione dei composti originari.

Tra gli inquinanti primari rilasciati in atmosfera, di particolare importanza dal punto di vista tossicologico sono i composti organici persistenti (POPs), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e numerosi elementi metallici.

Si sottolinea la complessità delle miscele inquinanti con possibili, anche se difficilmente valutabili, interazioni sia dal punto di vista espositivo che rispetto agli effetti sulla salute umana (additivi, moltiplicativi). Non essendo possibile lo studio in dettaglio delle miscele o dei possibili effetti interattivi sulla salute umana, è utile per lo studio delle patologie ambiente-correlate utilizzare dei "traccianti", tra i quali, nella nostra situazione, può identificarsi il PM10.

Nello studio sono state approfondite sia le caratteristiche tossicologiche (vie di esposizione, metabolismo, effetti) che l'attribuzione dei parametri di tossicità acuta e cancerogena utilizzati per la valutazione del rischio derivante dall'esposizione a PM10, NO₂, O₃, PCB, PCDD/PCDF. E' stato anche effettuato l'aggiornamento bibliografico sugli studi che hanno indagato le relazioni dose-effetto e dose-risposta.

2.1 Particulate Matter (PM)

Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. Il termine PM₁₀ identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 µm, dette convenzionalmente anche particelle fini. Queste sono caratterizzate da lunghi tempi di permanenza in atmosfera, per cui possono essere trasportate anche a grande distanza dal punto di emissione, hanno una natura chimica particolarmente complessa e variabile, sono in grado di penetrare nell'albero respiratorio umano e quindi avere effetti dannosi per la salute.

Il particolato PM₁₀ è in parte emesso in atmosfera dalle sorgenti come tale (PM₁₀ primario) ed in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche tra altre specie inquinanti (PM₁₀ secondario). Il PM₁₀ inoltre può avere un'origine naturale (da erosione dei venti sulle rocce, eruzioni vulcaniche, autocombustione di boschi e foreste) o antropica, in particolare dal traffico veicolare. Di origine antropica sono anche molte delle sostanze gassose che contribuiscono alla formazione del PM₁₀, come ossidi di zolfo e azoto, COV (Composti Organici Volatili) ed ammoniaca.

Il PM₁₀ è considerato un buon indicatore del complesso mix di inquinanti solidi e gassosi creati dalla combustione di carburanti per veicoli e dalla produzione di energia elettrica e termica, e rimane l'inquinante di scelta per valutare l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico. Molti studi usano infatti il PM₁₀ come indicatore di esposizione a polveri e la maggior parte dei dati di monitoraggio sono attualmente basati sulla misura di questo indicatore.

D'altra parte, in relazione agli effetti sulla salute, risulta altrettanto utile e necessaria la misura sistematica delle concentrazioni di particelle più fini, con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 micron (PM_{2.5}).

Nella descrizione introduttiva del *Particulate Matter*, tratta dalla Monografia 109 dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 2013) viene ricordata l'importanza dal punto di vista tossicologico della caratterizzazione della composizione qualitativa e granulometrica del particolato. Il PM è infatti una matrice molto complessa, variabile sia per dimensioni e numero delle particelle che lo costituiscono, che per la composizione (Fig. 1). Complessivamente, il diametro aerodinamico medio delle particelle varia su 5 ordini di grandezza, partendo dalla scala nanometrica.

Una tipica zona urbana è costituita da differenti inquinanti di fondo locali che possono essere stati influenzati da una moltitudine di processi di origine chimica, naturale o atmosferica. Inoltre le polveri possono avere un impatto su larga scala: generate localmente, i fattori atmosferici ne possono provocare un trasporto intercontinentale. Per gli inquinanti generati in ambiente *outdoor* la concentrazione può essere inferiore quando gli inquinanti stessi sono trasportati *indoor*. Dal momento che gli individui passano il loro tempo in ambienti chiusi, l'esposizione che deve essere considerata nelle valutazioni del rischio non può trascurare questa situazione.

Alcuni studi hanno quantificato l'esposizione a specifici composti o classi di composti chimici associati al PM, verificando che i livelli variano a seconda della taglia granulometrica considerata (Seinfeld & Pandis, 2006).

Su 21 aree analizzate nel mondo nel 2005, Brauer et al. (2012) hanno stimato che il rapporto medio annuale PM_{2.5}/PM₁₀ varia fra 0.13 e 0.94. In aree non contaminate o dopo piogge abbondanti, i livelli di PM_{2.5} possono scendere sotto 1 µg/m³. In tipiche atmosfere urbane, il livello medio annuale di PM_{2.5} è nell'ordine dei 4 µg/m³ ogni 10 µg/m³ di PM₁₀ (Brauer et al., 2012; Cooper et al., 2012). Le aree con alti livelli di polvere o particelle di origine marina sono caratterizzate da un'alta frazione di PM grossolano (*coarse*), mentre il PM derivante da reazioni atmosferiche o fenomeni di combustione può essere costituito in maggior misura dal PM₁₀.

Diverse Agenzie hanno compilato delle liste di composti tossici in aria; in alcuni casi questi inquinanti sono associati a specifiche sorgenti puntuali, es. 1,3 butadiene e gas di scarico o IPA e combustibili fossili o biomasse (UNEP, 2008).

La IARC ha negli anni valutato e classificato numerose sostanze presenti nel particolato atmosferico (Fig 2), la cui concentrazione atmosferica è spesso molto bassa, certamente inferiore ai livelli misurati in ambienti in cui in passato sono state stabilite le associazioni epidemiologiche tra tali sostanze ed alcuni effetti cancerogeni.

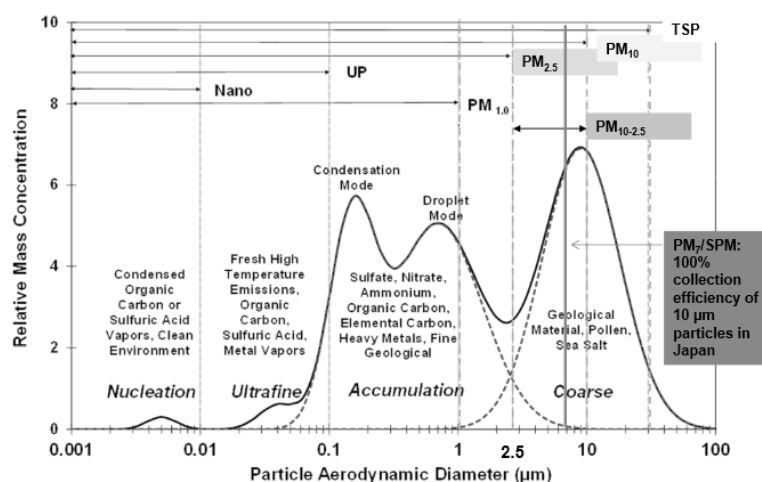


Figura 1: Caratteristiche principali della distribuzione in termine di massa del particolato atmosferico (IARC 2015).

Agent	CAS no.	Evaluation	Volume (reference)
<i>Metals and fibres</i>			
Arsenic and inorganic arsenic compounds	7440-38-2	1	100C (IARC, 2012a)
Asbestos		1	100C (IARC, 2012a)
Beryllium and beryllium compounds	7440-41-7	1	100C (IARC, 2012a)
Cadmium and cadmium compounds	7440-43-9	1	100C (IARC, 2012a)
Chromium (VI)	18540-29-9	1	100C (IARC, 2012a)
Lead compounds, inorganic/organic		2A/3	87 (IARC, 2006)
Nickel, metallic/compounds		2B/1	100C (IARC, 2012a)
Silica dust		1	100C (IARC, 2012a)
<i>Organic chemicals</i>			
1,3-Butadiene	106-99-0	1	100F (IARC, 2012b)
Benzene	71-43-2	1	100F (IARC, 2012b)
Ethylene oxide	75-21-8	1	100F (IARC, 2012b)
Formaldehyde	50-00-0	1	100F (IARC, 2012b)
<i>Halogenated chemicals</i>			
Ethylene dibromide	106-93-4	2A	71 (IARC, 1999)
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo- <i>para</i> -dioxin	1746-01-6	1	100F (IARC, 2012b)
Tetrachloroethylene	127-18-4	2A	106 (IARC, 2014a)
Trichloroethylene	79-01-6	1	106 (IARC, 2014a)
1,2,3-Trichloropropane	96-18-4	2A	63 (IARC, 1995)
Vinyl bromide	593-60-2	2A	97 (IARC, 2008)
Vinyl chloride	75-01-4	1	100F (IARC, 2012b)
Vinyl fluoride	75-02-5	2A	97 (IARC, 2008)
<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i>			
Benzo[<i>a</i>]pyrene	50-32-8	1	100F (IARC, 2012b)
Cyclopenta[<i>cd</i>]pyrene	27208-37-3	2A	92 (IARC, 2010a)
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	53-70-3	2A	92 (IARC, 2010a)
6-Nitrochrysene	7496-02-8	2A	105 (IARC, 2013a)
-Nitropyrene	5522-43-0	2A	105 (IARC, 2013a)
2-Nitrotoluene	88-72-2	2A	101 (IARC, 2013b)
<i>Mixtures</i>			
Biomass fuel (primarily wood), indoor emissions from household combustion of		2A	95 (IARC, 2010b)
Coal, indoor emissions from household combustion of		1	100E (IARC, 2012c)
Coal tar pitch	65996-93-2	1	100F (IARC, 2012b)
Coke production		1	100F (IARC, 2012b)
Creosotes	8001-58-9	2A	92 (IARC, 2010a)
Diesel engine exhaust		1	105 (IARC, 2013a)
Frying, emissions from high-temperature		2A	95 (IARC, 2010b)
Mineral oils, untreated or mildly treated		1	100F (IARC, 2012b)
Polychlorinated biphenyls	1336-36-3	1	107 (IARC, 2014b)
Polybrominated biphenyls	59536-65-1	2A	107 (IARC, 2014b)
Tobacco smoke, second-hand		1	100E (IARC, 2012c)
Wood dust		1	100C (IARC, 2012a)

* Established or probably carcinogens include Group 1 and Group 2A. The Working Group noted that many agents in Group 2B are also detected in outdoor air, such as gasoline engine exhaust, several individual polycyclic aromatic hydrocarbons, and acetaldehyde. Prepared by the Working Group.

Figura 2: Classificazione IARC dei vari e possibili componenti del particolato (PM).

Negli ultimi decenni, numerosi studi si sono occupati di valutare gli effetti del PM atmosferico sulla salute umana. Un vasto numero di studi epidemiologici, clinici e tossicologici ha affrontato l'argomento, riportando effetti a breve e lungo termine associati ai livelli misurati in diversi ambienti urbani. Gli effetti sono molteplici a causa della natura ubiquitaria dell'inquinante e dell'ampiezza della popolazione esposta.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) riporta che *circa il 3% della mortalità per malattie cardiopolmonari, circa il 5% dei decessi per tumori di trachea, bronchi e polmoni e circa l'1% dei decessi per infezioni respiratorie acute nei bambini sotto i 5 anni sono attribuibili all'inquinamento atmosferico* (Cohen et al., 2005). La maggior parte dei casi è rilevata nei paesi in via di sviluppo, in particolare il 65% in Asia. Nel Regno Unito, la Commissione Medica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico ha calcolato che circa 8100 decessi e 10500 ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie in aree urbane sono associati all'inquinamento atmosferico (*Committee on the Medical Effects of Air Pollutants*, 1998). In Italia, sono stati valutati gli effetti dell'incremento di PM10 nelle principali città e 3500 decessi e molte patologie sono state attribuite ad esposizioni a livelli di PM10 superiori a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Martuzzi et al., 2002).

Una valutazione successiva su 13 grandi città valutate nel periodo 2002-2004 riporta esposizioni a livelli medi di PM10 compresi fra 26.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 61.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un impatto di 8220 decessi/anno attribuibili ad esposizioni superiori a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale valore rappresenta il 9% della mortalità per tutte le cause (esclusi gli incidenti) nella popolazione sopra i 30 anni di età.

Sebbene la misura del PM10 sia effettuata solo in una frazione minoritaria delle stazioni di rilevamento esistenti sul territorio nazionale, i dati disponibili consentono di tracciare un quadro abbastanza soddisfacente (Fig 3). Uno studio dell'Istituto dell'Inquinamento Atmosferico del CNR ha indicato per l'anno 2001, nelle stazioni di rilevamento di 9 città Italiane (Torino, Milano, Genova, Firenze, Roma, Bari, Brescia, Parma, Taranto) una media di circa 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un intervallo di variazione tra 40 e 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed una deviazione standard di circa 7,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anziani, soggetti affetti da malattie respiratorie e cardiache, malati in condizioni critiche in genere, rappresentano i soggetti maggiormente a rischio di mortalità a breve termine per l'inquinamento da particelle fini. Considerazioni analoghe valgono per gli effetti respiratori e di altro tipo e per la necessità di ricovero ospedaliero. Come prevedibile, sono inoltre a maggior rischio di effetti respiratori i soggetti asmatici, in particolare i bambini. La suscettibilità individuale, acquisita (per patologie in atto o pregresse) o su base genetica, gioca un ruolo importante. Secondo quanto indicato dalla WHO, l'esposizione a lungo termine a livelli significativi di PM10 (peraltro non necessariamente particolarmente elevati) può comportare il rischio di una riduzione dell'attesa di vita, dell'ordine di 1-2 anni. E' importante sottolineare come l'incertezza che caratterizza ancora le nostre conoscenze su questa complessa materia, abbia indotto a valutazioni del rischio cautelative.

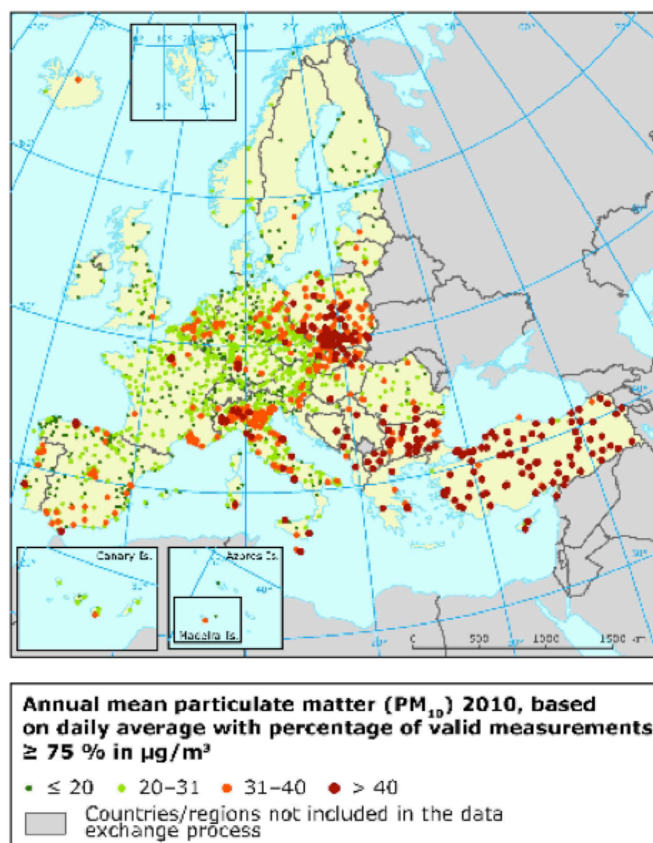


Figura 3: Concentrazione media annuale del PM in Europa (EEA 2012).

2.1.1 PM - Valutazione IARC

Il *Global Burden of Disease Project* ha stimato che circa 223.000 decessi all'anno per tumore polmonare (circa il 15% del totale) siano attribuibili all'inquinamento urbano come esposizione a PM 2.5 (Straif et al., 2013). Nel 2013, la IARC ha classificato l'inquinamento urbano come cancerogeno certo per l'uomo (Vol. 109). La valutazione si basa su studi epidemiologici sull'uomo e sperimentali su animali che hanno esaminato la frequenza di tumori correlati all'esposizione all'inquinamento urbano. Pur riconoscendo che quest'ultimo possa originare da fonti sia naturali che antropiche e che possa essere influenzato da una miriade di variabili, il Gruppo di Lavoro ha concluso che le evidenze di cancerogenicità sono sufficienti sia per l'uomo che per l'animale da esperimento, conclusione supportata inoltre da forti evidenze di tipo meccanicistico (aumento nei soggetti esposti di aberrazioni cromosomiche, stress ossidativo, alterazioni epigenetiche, infiammazione cronica).

Gli esperti IARC hanno esaminato studi sull'insorgenza di tumore polmonare in soggetti esposti all'inquinamento atmosferico, caratterizzato essenzialmente in termini di PM, NO_x e SO₂. Sono stati valutati in particolare 13 studi effettuati fra il 2005 ed il 2013 di incidenza e mortalità per tumore polmonare. Per questo specifico tumore le due variabili possono considerarsi coincidenti a causa dell'alta letalità, anche se lo studio dell'incidenza può risultare più affidabile rispetto a quello della mortalità, dal momento che quest'ultima può essere soggetta ad errori di mis-classificazione (decessi erroneamente attribuiti a localizzazioni metastatiche secondarie).

Nafstad et al. (2003) hanno condotto uno studio su 16209 uomini residenti a Oslo (1972-1998) esposti a NO_x e SO₂, stimati nelle aree di residenza sulla base di modelli di dispersione e contributo del traffico stradale nelle adiacenze delle abitazioni. A Oslo il traffico risulta la sorgente principale di NO_x mentre il riscaldamento libera principalmente SO₂. Controllando per età, fumo e livello di educazione, è stato trovato un rischio relativo (RR) pari a 1.08 [Intervallo di Confidenza al 95% (95% CI) 1.02–1.15] per ogni incremento di 10 µg/m³ di NO_x e di 1.01 (95% CI, 0.94–1.08) per ogni incremento di 10 µg/m³ di SO₂. Filleul et al. (2005) hanno studiato 14284 giovani adulti (25-59 anni) arruolati nel 1974 e residenti in 24 differenti aree francesi (*PAARC study*), in cui le concentrazioni di TSP (polveri totali sospese), *black smoke*, NO, NO₂ e SO₂ erano state misurate da centraline di monitoraggio (una per area) dal 1974 al 1976. Dopo un follow-up di 26 anni, sono stati identificati 178 decessi per tumore polmonare e nessun aumento del rischio associato all'inquinamento urbano. Una sotto-analisi su 18 altre aree ha mostrato invece un RR di 1.48 (95% CI, 1.05–2.06) associato ad incrementi pari a 10 µg/m³ di NO₂, ma nulla per gli altri inquinanti.

Vineis et al. (2006) hanno condotto uno studio caso-controllo sulle coorti dello studio EPIC (*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*), reclutate fra 1993 e 1998. Nel follow-up durato 7 anni sono stati considerati i casi fra ex fumatori (da almeno 10 anni) e non fumatori. È stata considerata l'esposizione a NO₂, PM10 e SO₂ rilevate dalle stazioni di monitoraggio adiacenti alle zone di residenza dei soggetti. L'associazione fra incidenza di tumore polmonare e residenza vicino a strade trafficate è risultata non significativa (*odds ratio* [OR] 1.31; 95% CI, 0.82–2.09), come anche quella con incrementi di 10 µg/m³ per NO₂ (OR 1.14, 95% CI, 0.78–1.67) e significativa (OR 1.37, 95% CI, 1.06–1.75) per concentrazioni di NO₂ maggiori di 30 µg/m³, dopo aggiustamento per il fumo di tabacco (cotinina urinaria).

Naess et al. (2007) hanno studiato la relazione dose-effetto fra inquinanti (NO₂, PM10, PM2.5) e mortalità causa-specifica. La popolazione studiata è quella di Oslo in età compresa fra 51 e 90 anni nel periodo 1992-1998. Nella valutazione dell'esposizione sono stati utilizzati modelli di dispersione. Dopo aggiustamento per età, occupazione e livello di educazione, è stato evidenziato un aumento del rischio fra le donne. Il RR da esposizione a NO₂, PM10 e PM2.5 è pari a 1.23 (95% CI, 1.10–1.38), 1.27 (95% CI, 1.13–1.43) e 1.27 (95% CI, 1.13–1.43), rispettivamente per donne con età compresa fra 51 e 70 anni e 1.12 (95% CI, 0.98–1.27), 1.17 (95% CI, 1.03–1.33) e 1.16 (95% CI, 1.02–1.32), rispettivamente per donne con età compresa fra 71 e 90 anni. Il RR per i maschi è risultato di entità inferiore (1.07–1.09) e non significativo. Il Gruppo di Lavoro IARC segnala la mancata correzione per fumo.

Beelen et al. (2008a, 2008b) hanno studiato diversi indicatori di inquinamento atmosferico in uno studio prospettico di incidenza e di mortalità su una coorte olandese di più di 120.000 soggetti. La valutazione dell'esposizione si basa sui livelli di *black smoke*, NO₂ e SO₂ rapportati agli indirizzi e tempi di residenza nel periodo 1976-1996 e sono stati applicati modelli di regressione per stimare le differenze intra-urbane e di intensità di traffico. I valori background di PM2.5 sono stimati dai valori di PM10, utilizzando fattori di conversione. Nello studio di incidenza (Beelen et al., 2008a) su 111.816 soggetti, per 11 anni di follow-up, sono stati identificati 1940 casi di tumore polmonare. Dopo aggiustamento per età, sesso, fumo e fattori socio-economici, i RR corrispondono a: 0.96 (95% CI 0.83–1.11) per 10 µg/m³ di *black smoke*; 0.81 (95% CI 0.63–1.04) per 10 µg/m³ di PM 2.5; 0.86 (95% CI 0.70–1.07) per 30 µg/m³ di NO₂; 0.90 (95% CI 0.72–1.11) per 20 µg/m³ di SO₂. Nello studio di mortalità (Beelen et al., 2008b) su 117.528 soggetti della stessa coorte, dopo aggiustamento per fumo, sesso, età e fattori socio-economici, il RR è risultato 1.03 (95% CI 0.88–1.20) per 10 µg/m³ di *black smoke*; 1.06 (95% CI, 0.82–1.38) per 10 µg/m³ di PM 2.5; 0.91 (95% CI, 0.72–1.15) per 30 µg/m³ di NO₂; 1.00 (95% CI, 0.79–1.26) per 20 µg/m³ di SO₂.

Lo studio di Raaschou-Nielsen et al. (2011) si basa su una coorte di 52970 individui seguiti fino al 2006 e include 592 casi di tumore polmonare. La concentrazione di NO_x è stata valutata con il modello AirGIS ed il RR per un incremento di 100 µg/m³ di NO_x è risultato pari a 1.09 (95% CI 0.79–1.51). L'analisi per quartili di NO_x mostra un RR significativamente aumentato nella categoria di esposizione maggiore (NO_x > di 29.7 µg/m³: RR, 1.30; 95% CI 1.05–1.61).

Raaschou-Nielsen et al. (2013) hanno condotto anche uno studio caso-controllo *nested* su tre coorti danesi arruolate fra 1970 e 1993 e seguite fino al 2001, stimando sempre l'esposizione a NO_x con il modello danese AirGIS. Lo studio include 679 casi e 3481 soggetti, con controllo per genere, età, fumo, educazione, BMI e consumo di alcool. Il RR è risultato 1.30 (95% CI 1.07–1.57) per esposizioni a NO_x comprese fra 30 e 72 µg/m³ e 1.45 (95% CI 1.12–1.88) per livelli di NO_x maggiori di 72 µg/m³, corrispondenti a un RR di 1.37 (95% CI, 1.06–1.76) per 100 µg/m³ di aumento di NO.

Lo studio ESCAPE (Raaschou-Nielsen et al., 2013) ha incluso 17 coorti europee (austriache, danesi, greche, italiane, olandesi, norvegesi, spagnole, svedesi e inglesi), con differenti livelli di esposizione. La valutazione dell'esposizione è stata effettuata per PM10, PM2.5, *coarse particles*, NO₂, NO_x e due indicatori di traffico. Su una popolazione complessiva di 312944 soggetti, con 2095 casi incidenti, il RR è risultato 1.22 (95% CI 1.03–1.45) per incrementi di 10 µg/m³ di PM10 e 1.18 (95% CI 0.96–1.46) per 10 µg/m³ di PM2.5. Il Gruppo di Lavoro IARC ha ritenuto questo studio altamente informativo per l'alto numero di esposizioni valutate, per

la qualità della misura dell'esposizione e il grado di standardizzazione delle procedure, per il numero di soggetti esaminati e per il controllo dei fattori confondenti. Heinrich et al. (2013) hanno esaminato un gruppo ristretto di 4752 donne e identificato 41 decessi per tumori polmonari. Il PM₁₀ è stato stimato dalla misura di TSP utilizzando fattori di conversione. I RR sono stati determinati per aumenti del PM₁₀ (RR 1.84; 95% CI 1.23–2.74) e NO₂ (RR 1.46; 95% CI 0.92–2.32).

Cesaroni et al. (2013) hanno studiato l'associazione fra mortalità per tumore polmonare e inquinamento su 1.265.058 residenti nella città di Roma. L'esposizione è stata valutata con modelli di regressione per NO₂ e dispersione per PM_{2.5}. Dopo correzione per genere, età, stato civile, luogo di nascita, livello di educazione, occupazione e stato socio-economico, è stato ottenuto un RR pari a 1.05 (95% CI 1.01–1.10) per incrementi di 10 µg/m³ di PM_{2.5} e 1.04 (95% CI 1.02–1.07) per incrementi di NO di 10 µg/m³.

Carey et al. (2013) hanno condotto un vasto studio (835.607 soggetti) in Inghilterra. La concentrazione annuale di PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ e Ozono è stata valutata ad 1 km con modelli di dispersione. Sono stati ottenuti elevati RR in associazione con NO₂, dopo correzione per età, sesso, fumo, BMI e livelli di educazione (HR, 1.11; 95% CI 1.05–1.17, per incrementi di 10.7 µg/m³). Il rischio associato a SO₂ e PM è di poco aumentato dopo correzione per le stesse covariate (RR 1.03, 95% CI, 0.99–1.06 per incrementi di 2.2 µg/m³ di SO₂; RR 1.03, 95% CI, 0.98–1.09 per incrementi di 3 µg/m³ di PM₁₀ e RR 1.04, 95% CI, 0.99–1.09 per 1.9 µg/m³ di PM_{2.5}).

2.2 Ossidi di Azoto (NO_x)

Con tale termine si indicano solitamente ossido e biossido di azoto, anche se, in realtà, si tratta di una miscela più complessa, come riepilogato nella tabella seguente.

Costituenti gli ossidi di azoto	
Composto	Formula
Ossido di azoto	NO
Triossido di diazoto (Anidride nitrosa)	N ₂ O ₃
Biossido di azoto	NO ₂
Tetrossido di diazoto	N ₂ O ₄
Pentossido di diazoto (Anidride nitrica)	N ₂ O ₅

A temperatura ambiente, il monossido di azoto è un gas incolore e inodore, mentre il biossido è rossastro e di odore forte e pungente. Tali composti si formano durante la combustione ad elevate temperature (1200°C), il monossido in quantità maggiori del biossido (fino al 95%), in dipendenza della temperatura di combustione e della disponibilità di ossigeno libero. La quota principale di NO_x in atmosfera è emessa da processi di combustione civili ed industriali e dal trasporto autoveicolare. Sorgenti naturali sono alcune forme di combustione (fulmini, incendi, eruzioni vulcaniche) ed alcuni batteri presenti nel suolo (Nitrosomonas e Nitrobacter).

Il biossido è un inquinante secondario poiché non emesso direttamente da fonti antropogeniche ma deriva dall'ossidazione del monossido in atmosfera, secondo le reazioni di seguito riportate:

- $N_2 + O_2 = 2NO$
- $2NO + O_2 = 2NO_2$

Inoltre, il biossido può originare anche da reazioni fotochimiche secondarie in atmosfera, nelle quali interviene l'ozono troposferico:

- $NO_2 + \text{luce solare} = NO + O^*$
- $O^* + O_2 = O_3$
- $O_3 + NO = NO_2 + O_2$ (1)

Tale ciclo è alterato in presenza di idrocarburi incombusti in atmosfera, che reagiscono con il radicale O* formando i radicali RO₂* e HO₂*, i quali reagiscono con l'ossido di azoto convertendolo in NO₂:

- $RO_2^* + NO = NO_2 + RO^*$
- $HO_2^* + NO = NO_2 + OH^*$

In tal modo l'ozono non può più reagire con l'NO (reazione 1) e quindi si accumula negli strati bassi dell'atmosfera. I radicali RO_2 e HO_2 in presenza di elevate concentrazioni di NO_x reagiscono per formare perossiacetilnitrati (il più importante è l'acido perossiacetilnitroso o PAN), alchilnitrati ed idroperossidi.

I livelli naturali di biossido di azoto oscillano tra 1 e 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le medie annuali nelle città europee non vanno oltre i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il biossido di azoto è quattro volte più tossico del monossido. A concentrazioni di 13 ppm (circa 4,4 mg/m^3) induce irritazione delle mucose oculare e nasale, mentre l'NO può indurre paralisi del sistema nervoso centrale in cavie esposte per 12 minuti a 2500 ppm (circa 3075 mg/m^3).

Il più basso livello al quale è stato osservato un effetto del biossido di azoto sulla funzione polmonare nell'uomo dopo un'esposizione di 30 min., è pari a 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per questo la WHO raccomanda per l'NO₂ un limite guida per 1 ora pari a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed un limite per la media annua pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Oltre agli effetti dannosi per l'uomo, gli NO_x producono danni alle piante riducendone la crescita: il biossido induce la comparsa di macchie sulle foglie mentre il monossido rallenta il processo di fotosintesi. Entrambi gli inquinanti, inoltre, contribuiscono all'acidificazione delle precipitazioni con conseguente deterioramento di edifici ed opere d'arte, corrosione dei metalli e scolorimento dei tessuti.

2.3 Ozono (O₃)

L'Ozono (O₃) è un gas naturalmente presente in atmosfera, ma è anche un inquinante secondario con potente azione ossidante, che induce stress ossidativo ed infiammazione. Penetra nell'organismo quasi esclusivamente per via inalatoria, essendo assorbito principalmente nel tratto superiore delle vie respiratorie. Si forma principalmente d'estate (smog estivo), per reazioni fotochimiche che coinvolgono numerosi gas presenti nella troposfera, lo strato di atmosfera compresa fra la superficie terrestre e un'altitudine di 7-15 km, e nello strato limite inquinato, che si estende dalla superficie terrestre ad un'altitudine compresa fra 100 e 3000 m. I principali precursori sono: ossidi di azoto, che fungono da catalizzatori; composti organici volatili (VOCs); metano (CH₄); monossido di carbonio (CO). Tali inquinanti derivano principalmente da fonti antropogeniche come l'impiego di combustibili fossili, soprattutto per i trasporti, e l'uso di prodotti contenenti solventi organici.

Nello strato limite inquinato, il principale "carburante" nel processo è costituito dai VOCs, più reattivi, mentre nelle zone remote il processo viene provocato soprattutto dall'ossidazione di CH₄ e CO.

Le concentrazioni troposferiche di O₃ al di sopra dell'Europa superano di 3-4 volte i livelli dell'era pre-industriale, principalmente a causa del notevole aumento delle emissioni di NO_x, registrato a partire dagli anni '50. Le emissioni dei principali precursori dell'ozono, NO_x e composti organici volatili non metanici (NMVOC), hanno continuato ad aumentare fino alla fine degli anni '80, per poi diminuire del 14% fra il 1990 e il 1994. Il settore dei trasporti è la principale fonte di emissioni di NO_x e di NMVOC in Europa occidentale, mentre nei Paesi dell'Europa Centrale ed Orientale e negli Stati Post Sovietici derivano in maniera preponderante da attività industriali.

I processi di formazione degli ossidanti fotochimici, così come i loro effetti, sono complessi. Poiché vengono trasportati per lunghe distanze ed oltre i confini nazionali, è necessario un impegno internazionale per mettere a punto politiche di abbattimento efficaci.

Le conseguenze dell'Ozono per la salute vengono esacerbate dagli effetti delle miscele di altri inquinanti presenti in aria.

2.4 PM - Valutazione del Rischio

La valutazione del rischio nell'esposizione a PM10 si basa sui risultati di ampi studi epidemiologici, che hanno portato alla individuazione di incrementi di rischio per specifiche patologie associati a fasce di concentrazioni del PM10 in aria.

Trattandosi di miscele complesse, non si possono stabilire specifici fattori di rischio per esposizione inalatoria.

La WHO presenta una stima di rischio relativo a breve termine (per incrementi estemporanei di concentrazione e effetti sulla salute insorgenti a distanza temporale da meno di 1 giorno a 2-3 giorni). Il rischio relativo riportato per l'incremento della mortalità giornaliera generale è di 1,0074 (95% CI 1,0062-1,0086) per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 e di 1,015 (95% CI 1,011-1,019) per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 (rischio doppio rispetto al precedente).

I rischi relativi per: necessità di uso di broncodilatatori, tosse e sintomi delle basse vie respiratorie sono compresi tra 1,0305 e 1,0356, per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, mentre il RR di ospedalizzazione è stimato in 1,008 (95% CI 1,0048-1,0112). Su questa base, la WHO stima che per episodi di inquinamento della durata di 3 giorni, a concentrazioni di 50 e 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vi possa essere un rischio aggiuntivo di mortalità pari a 4 e 8 per milione di abitanti ed un rischio aggiuntivo di ospedalizzazione pari a 3 e 6 per milione, rispettivamente.

La WHO presenta anche una stima del rischio a lungo termine (da esposizioni prolungate nel tempo ed effetti sulla salute non immediati) per gli stessi inquinanti, specificando che i dati disponibili sono ridotti rispetto a quelli per gli effetti a breve termine. Il RR di mortalità a lungo termine per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'esposizione a PM10 è di 1,10 (95% CI 1,03-1,18) mentre il RR per un pari incremento del PM2.5 è di 1,14 (95% IC 1,04-1,24). Sulla base di un ulteriore studio epidemiologico, la WHO propone una stima di RR di mortalità a lungo termine pari a 1,07 (95% CI 1,04-1,11) per lo stesso incremento di PM2.5 (con un RR di 1,08 per un pari incremento dei solfati). Il RR di bronchite a lungo termine è di 1,34 (IC:0,94-1,99) e di 1,29 (95% CI 0,96-1,83) per incrementi di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 e PM10, rispettivamente. Il rischio di variazione percentuale del FEV1 nei bambini è indicata nei termini di 1,9% (95% CI 3,1%-0,6%) e 1,25 (95% CI 2,3%-0,1%), rispettivamente per pari incrementi di PM2.5 e PM10.

In conclusione, la WHO sottolinea che i dati disponibili non consentono, per il momento, di definire delle concentrazioni soglia per questi fattori di rischio, e che effetti a breve termine sono stati associati ad esposizioni a breve termine ben al di sotto di 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione media giornaliera di PM10, mentre effetti a lungo termine sono stati associati a concentrazioni medie annuali anche al di sotto di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 e di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10. Viene pertanto proposto, ai fini della gestione del rischio, il riferimento alle stime di rischio sopra discusse, in luogo di un valore di linea guida.

L'Unione Europea ha invece previsto specifici limiti di esposizione, basati su criteri di protezione della salute; la normativa italiana da vari anni ha anche previsto dei valori di riferimento. Sia i parametri UE, che quelli italiani sono comunque tali da indurre una significativa riduzione dei rischi, anche considerando le stime della WHO.

Una recente metanalisi su 30 coorti riporta una stima di rischio aggiuntivo, per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della concentrazione di PM10, pari a 1.09 (95% CI: 1.04–1.14) con un focus sul tumore al polmone, pancreas e laringe (Kim et al., 2018).

E' anche da osservare al proposito, che secondo il gruppo MISA tra i "modificatori" di effetto sono da considerare il tasso standardizzato di mortalità (SMR) di base nelle popolazioni in esame e il livello di deprivazione sociale, entrambi suscettibili di incrementare il rischio.

La concentrazione delle particelle fini risulta in ogni modo un indicatore primario di inquinamento e di rischio.

I livelli di esposizione a cui sono stati oggettivamente rilevati su base epidemiologica (e non previsti sulla base di estrapolazioni) gli effetti riportati dalla WHO e dallo studio italiano MISA dovrebbero in linea di principio collocarsi su valori più elevati dell'ordine di grandezza dei valori di fondo (stimati intorno a 18 e 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10 e il PM2.5, rispettivamente), prevedibilmente associabili solo a cause naturali, e sotto i quali appare difficile scendere (a parte forse condizioni particolari, come il caso di ricopertura dei suoli con un manto nevoso in aree remote).

Il RR di mortalità sec. WHO per un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 è in sé molto basso (1,0074) e altrettanto vale per quanto concerne le stime italiane (valore circa doppio). Ciò vale anche per la stima del rischio attribuibile (percentuale di mortalità attribuibile alla causa in esame). Il problema si presenta quindi non tanto nei termini dell'entità del rischio in sé, ma in quanto la popolazione esposta, o potenzialmente tale, è molto vasta. I dati disponibili suggeriscono una riduzione nel tempo di questo tipo di inquinamento, che resta comunque a livelli significativi, anche se comparabili a quello degli altri paesi dell'Europa meridionale. In conclusione, il contenimento dei livelli di inquinamento da polveri fini costituisce una priorità europea e italiana, che merita la dovuta attenzione ed il dovuto impegno. Le politiche che sono in via di definizione a livello europeo prevedono una riduzione di questo processo di inquinamento. E' evidente che l'abbattimento di questo inquinante si correla con l'abbattimento degli altri inquinanti da traffico e da processi di combustione, rientrando pertanto nell'ambito di un'unica e coordinata politica di prevenzione. Il monitoraggio e i dati prodotti dalla ricerca epidemiologica in Italia hanno confermato le indicazioni provenienti dalla WHO e dalla comunità scientifica internazionale relativamente a questo inquinante, producendo al contempo ulteriori importanti informazioni.

Studi di coorte devono ancora identificare un livello di concentrazione di PM10 sotto il quale non si verificano effetti avversi per la salute (WHO Regional Office for Europe, 2003). Una approssimata funzione di dose-risposta lineare è stata dedotta dagli studi, eccetto che per il tumore polmonare per il quale la funzione è più ripida a concentrazioni superiori a 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 (concentrazione non misurata nelle valutazioni delle città italiane). Nelle analisi in serie effettuate non è stata osservata ripetutamente nessun livello collegato a una funzione lineare dose-risposta di mortalità o morbidità (Daniels et al., 2000; Pope, 1996; Samoli et al., 2005).

A concentrazioni molto alte, la pendenza della funzione può essere meno profonda.

In linea con le evidenze epidemiologiche, in questo studio sono state utilizzate funzioni dose-risposta lineari di RR senza soglia. Ciò significa, ad esempio, che se il RR è 1.06 per ogni aumento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, i soggetti esposti a concentrazioni di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hanno un rischio aggiuntivo del 6% di presentare effetti avversi causati dal PM10 rispetto a soggetti esposti a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; allo stesso modo soggetti esposti a concentrazioni di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hanno il 12% di probabilità in più di contrarre patologie collegate all'esposizione di PM10 rispetto a soggetti esposti a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Effetti cronici, infarto

L'aumento stimato del numero di morti giornaliere in tutte le fasce di età per ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione di PM10 è pari allo 0.6% (95% CI: 0.4–0.8%), rischio stimato da consolidati studi internazionali (metanalitici o multicentrici). Una recente rianalisi degli stessi dati ha dimostrato una stima ridotta del rischio (Katsouyanni et al., 2003).

Effetti cronici respiratori

Evidenze di effetti respiratori acuti associati a variazioni giornaliere di esposizione a PM sono stati confermati in molti studi. Zanobetti e coll. (2003) calcolano effetti a breve e medio termine, con RR pari a 1.007 e 1.042, rispettivamente.

Si stima un RR di 1.013 (95% CI: 1.005 – 1.020) per ogni incremento giornaliero di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10.

Ricoveri ospedalieri per motivi cardiaci

Molti studi condotti in paesi in via di sviluppo hanno osservato un aumento del numero di ricoveri ospedalieri per cause cardiache associati all'inquinamento da PM10. La maggioranza di tali studi ha utilizzato il PM10 come marker dell'esposizione a particolato a causa della sua ampia disponibilità. Si stima un RR pari a 1.003 (95% CI: 1.000–1.006) per ogni aumento giornaliero di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10.

Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie

L'EPA conclude che, in considerazione dei risultati di studi condotti in USA e Canada, esiste un'associazione positiva e spesso statisticamente significativa fra gli outcome respiratori (mortalità, ospedalizzazione e visite mediche) e concentrazioni di PM10 e PM2.5.

A riguardo dei potenziali co-inquinanti confondenti, l'EPA riporta che gli effetti stimati dei PM su mortalità e morbidità per effetti respiratori calcolati su modelli a singolo inquinante sono variati rispetto a quelli multi inquinanti.

Le associazioni delle ospedalizzazioni ospedaliere per cause respiratorie e PM10 sono positive, la stima precisa riporta aumenti compresi fra il 2% ed il 12% per concentrazioni pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 (RR equivalente compreso fra 1.004 e 1.023 per ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione di PM10).

Si stima un RR pari a 1.006 (95% CI: 1.002–1.011) per ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ delle concentrazioni di PM10.

Cause	Impact functions
Chronic bronchitis, adults	26.5 (95 % CI: -1.9–54.1) new cases per year per 100 000 adults ≥ 27 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} increment
Asthma (medication use), children	180 (95% CI: -690–1060) annual increase in days of bronchodilator usage per 1000 children 6–7 and 13–14 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} increment
Asthma (medication use), adults	912 (95% CI: -912–2774) annual increase in days of bronchodilator usage per 1000 adults ≥ 15 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} increment
RADs	902 (95% CI: 792–1013) RADs per year per 1000 adults 15–64 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$ increment
WLDs	City-specific impact functions (see Subsection 2.10.7.3)
MRADs	577 (95% CI: 468–686) MRADs per year per 1000 adults 18–64 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$ increment
LRS, children	1.86 (95% CI: 0.92–2.77) extra symptom days per child 5–14 years of age per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} increment
LRS, adults	1.30 (95% CI: 0.15–2.43) annual increase of symptom days per adult ≥ 15 years of age with chronic respiratory symptoms per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} increment

Source: Hurley et al. (2005).

Figura 4: Effetti sanitari dell'esposizione a PM.

Il progetto Aphekom (Approfondimento della conoscenza e della comunicazione per il Processo Decisionale su Inquinamento Atmosferico e salute in Europa), condotto dal 2004 al 2006 in 25 città Europee (Roma per l'Italia) ha applicato un nuovo approccio all'analisi dell'impatto sulla salute e dei costi relativi all'inquinamento atmosferico. I risultati dimostrano che se i livelli di polveri sottili nelle città europee si riducessero ai livelli raccomandati dalla WHO la speranza di vita migliorerebbe, con grandi benefici economici. Vivere in prossimità di strade molto trafficate aumenta notevolmente la possibilità di contrarre malattie attribuibili all'inquinamento atmosferico; i vantaggi derivanti dalla sua riduzione sarebbero superiori a quelli già conseguiti dall'attuale legislazione dell'UE: se la concentrazione media annuale di $\text{PM}_{2.5}$ a Roma si riducesse a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sarebbero evitate 1278 morti (997 per cause cardiovascolari) e la popolazione di 30 anni guadagnerebbe un anno di vita, con un beneficio economico superiore ai 2 miliardi di euro.

Utilizzando i tradizionali metodi di valutazione di impatto sulla salute (VIS), Aphekom ha mostrato che la diminuzione fino a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione del particolato $\text{PM}_{2.5}$ (linee guida annuali sulla qualità dell'aria WHO), in 25 grandi città europee, può comportare un aumento fino a 22 mesi di aspettativa di vita a soggetti di 30 anni di età ed oltre.

Gli endpoints sono stati scelti sulla base delle concentrazioni disponibili in letteratura sugli effetti a breve e lungo termine di Ozono, PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$. Tra le altre è stata condotta una valutazione di impatto sanitario sugli effetti cardiaci e respiratori del PM_{10} a breve termine e per quelli a lungo termine del $\text{PM}_{2.5}$ sulla mortalità cardiovascolare. Le concentrazioni funzio-
ni-risposte (CRF) usate in questo studio sono riportate nella tabella sottostante.

Health outcomes and associated concentration-response functions, expressed as relative risk (RR) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in each pollutant used in the HIA.

Health outcome	ICD codes	Ages	RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Reference
<i>Short-term impacts of ozone</i>				
Respiratory hospitalisations	ICD9 460-519 ICD10 J00-J99	15-64	1.001 [0.991-1.012]	Anderson et al. (2004)
Respiratory hospitalisations	ICD9 460-519 ICD10 J00-J99	≥ 65	1.005 [0.998-1.012]	Anderson et al. (2004)
<i>Short-term impacts of PM_{10}</i>				
Respiratory hospitalisations	ICD9 460-519 ICD10 J00-J199	All	1.011 [1.006-1.017]	Medina et al. (2005)
Cardiac hospitalisations	ICD9 390-429 ICD10 I00-I52	All	1.006 [1.003-1.009]	Medina et al. (2005)
<i>Long-term impacts of ozone</i>				
Respiratory mortality	ICD9 460-519 ICD10 J00-J99	> 30	1.023 [1.006-1.038]	Derived from Jerrett et al. (2009a)
<i>Long-term impacts of $\text{PM}_{2.5}$</i>				
Total (including external) mortality	ICD9 000-999 ICD10 A00-Y98	> 30	1.06 [1.02-1.11]	Pope et al. (2002)
Cardiovascular mortality	ICD9 390-429 ICD10 I00-I99	> 30	1.12 [1.08-1.15]	Pope et al. (2004)

Figura 5: Endpoint sanitari a breve e lungo termine di PM e Ozono.

2.5 NO_x - Valutazione del Rischio

Gli NO_x, in particolare il biossido di azoto (NO₂), sono tra i principali inquinanti atmosferici ed irritanti delle vie aeree.

Le sorgenti principali sono rappresentate da gas di scarico autoveicolare (soprattutto motori diesel), centrali termoelettriche, impianti di riscaldamento, ed, in ambiente indoor da cucine a gas, stufe e fumo di tabacco. Diversi studi condotti in Europa e in Canada hanno dimostrato che l'aumento di concentrazione di NO_x in atmosfera si associa ad incrementi di mortalità per cause naturali, cardiovascolari e respiratorie. Pochi però sono quelli che, finora, hanno indagato il ruolo dei fattori di suscettibilità agli effetti.

Uno studio su dati EpiAirsu mortalità e biossido di azoto ha riportato aumenti statisticamente significativi di mortalità per cause naturali, respiratorie e cardiache per incrementi di 10 µg/m³ di NO₂. Il rischio aumenta del 2.09% (IC 95% 0.96-3.24) per le cause naturali, del 2.63% (IC 95% 1.53-3.75) per le cause cardiache e del 3.48% (IC 95% 0.75-6.29) per le cause respiratorie. Nella stagione calda gli eccessi di rischio passano a +4.46% (IC 95% 3.14-5.8), +4.77% (IC 95% 2.92-6.65) e +9.63% (IC 95% 4.08-15.47) rispettivamente, e diventa significativo anche quello per cause cerebrovascolari: +7.87% (IC 95% 4.78-11.05); così come il rischio per chi ha un ricovero nei due anni antecedenti. Tali risultati sono indipendenti dalla presenza di altri inquinanti (PM10 e ozono) (Chiusolo et al., 2011). Nello studio APHEA 2, un incremento di 10 µg/m³ della concentrazione giornaliera di NO₂ è associato a un incremento dello 0,30% nella mortalità generale, dello 0,40% nella mortalità cardiovascolare e dello 0,38% nella mortalità respiratoria [Samoli et al., 2006]

Il MISA-2 è un ampliamento dello studio MISA-1 (Epidemiologia & Prevenzione, 2001), che aveva valutato l'impatto a breve termine dell'inquinamento atmosferico in 8 città italiane nel corso degli anni '90. Per ogni città è stato adattato un modello lineare generalizzato sulla frequenza giornaliera degli eventi sanitari in studio. L'effetto degli inquinanti è stato specificato come lineare e come modelli bi-pollutant sono stati considerati PM10+NO₂ e PM10+O₃.

Gli effetti degli inquinanti sono espressi come variazioni percentuali aggiuntive di mortalità o di ricoveri ospedaliero per incrementi di 10 µg/m³ per SO₂, NO₂ e PM10, e di 1 mg/m³ per il CO. Per NO₂, si è osservato un aumento della mortalità giornaliera per cause naturali pari allo 0.6% (IC 95%, 0.3-0.9). Tale rilievo riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie ed i ricoveri per malattie cardiache e respiratorie. Non vi sono differenze per genere. Vi è una forte evidenza che, per ciascuno degli inquinanti, le variazioni percentuali di mortalità e ricoveri ospedalieri siano più elevate nella stagione calda. L'impatto "complessivo" sulla mortalità per tutte le cause è compreso tra l'1.4% ed il 4.1% per gli inquinanti gassosi (NO₂ e CO).

Nelle figure 6 e 7 sono riportati i risultati degli studi epidemiologici che hanno valutato mortalità ed incrementi di ospedalizzazione e prevalenza di patologie respiratorie in seguito ad esposizione a NO_x.

STUDIO	POPOLAZIONE INVESTIGATA	ESITI SANITARI	INQUINANTI (UNITÀ DI MISURA)	MISURE (IC95%)
EFFETTI A BREVE TERMINE				
BIGGERI ET AL. 2004 ⁷¹	9,1 milioni di abitanti 15 città italiane (MISA)	Mortalità giornaliera: tutte le cause	NO ₂ (µg/m ³)	Incremento % per incremento di 10 µg/m ³ di NO ₂ e PM ₁₀ e di 1mg/m ³ di CO: 0,6 (0,3-0,9)
EFFETTI A LUNGO TERMINE				
DONG ET AL. 2012 ⁹³	9.941 adulti Cina	Mortalità: respiratoria	NO ₂ (µg/m ³)	RR per incremento di 10 µg/m ³ di PM _{2.5} e NO ₂ : 1,67 (1,60-1,74) 2,97 (2,69-3,27)
BRUNEKREEF ET AL. 2009 ⁹⁶	120.000 adulti Olanda	Mortalità: tutte le cause cardiovascolare respiratoria tumore polmonare	NO ₂ (µg/m ³)	RR per incremento di 30 µg/m ³ di NO ₂ : 1,08 (1,00-1,16) 1,07 (0,94-1,21) 1,37 (1,00-1,87) 0,91 (0,72-1,15)
HEINRICH ET AL. 2013 ⁹⁹	4.800 donne (55 anni)	Mortalità: tutte le cause cardiorespiratoria	NO ₂ (µg/m ³)	HR per incremento di 16 µg/m ³ di NO ₂ : 1,18 (1,07-1,30) 1,55 (1,30-1,84)

Figura 6: Effetti Sanitari dell'esposizione a NO_x (Mortalità).

STUDIO	POPOLAZIONE INVESTIGATA	ESITI SANITARI	INQUINANTI (UNITÀ DI MISURA)	MISURE (IC95%)
EFFETTI A BREVE TERMINE				
ANDERSON ET AL. 1997	Più di 18 milioni di adulti 6 città europee (APHEA)	Ospedalizzazione per BPCO	NO ₂ (µg/m ³)	RR per incremento di 50 µg/m ³ di inquinanti: 1,02 (1,00-1,05)
BIGGERI ET AL. 2004	9,1 milioni di abitanti 15 città italiane (MISA)	Ospedalizzazione per: cause respiratorie cause cardiache	NO ₂ (µg/m ³) NO ₂ (µg/m ³)	Incremento % per incremento di 10 µg/m ³ di NO ₂ e PM ₁₀ e di 1mg/m ³ di CO: 0,77 (0,08-1,50) 0,57 (0,25-0,91)
EFFETTI A LUNGO TERMINE				
SCHIKOWSKI ET AL. 2005	4.757 donne (50-59 anni) Germania	BPCO	NO ₂ (µg/m ³)	OR per incremento di un range interquartile di inquinanti: (16 µg/m ³ NO ₂ ; 7 µg/m ³ PM ₁₀) 1,43 (1,23-1,66)
BRAUER ET AL. 2007	4.146 bambini (0-4 anni) Olanda	Sibili Asma	NO ₂ (µg/m ³) NO ₂ (µg/m ³)	OR per incremento di un range interquartile di inquinanti: (10,6 µg/m ³ NO ₂ ; 3,3 µg/m ³ PM ₁₀) 1,19 (1,05-1,34) 1,28 (1,04-1,56)
ANDERSEN ET AL. 2012	Circa 50.000 anziani Danimarca	Ospedalizzazione per asma	NO ₂ (µg/m ³)	OR per incremento di un range interquartile (5,8 µg/m ³): 1,12 (1,04-1,22)

Figura 7: Effetti Sanitari dell'esposizione a NO_x (Ospedalizzazione e prevalenza patologie Respiratorie).

Studi sperimentali e di tossicocinetica confermano la plausibilità degli effetti cardiovascolari e respiratori dell'NO₂, anche se la produzione scientifica relativa a questo specifico inquinante non è abbondante. Il biossido di azoto è un irritante e un ossidante con chiari effetti tossici: già a dosi moderate provoca tosse, dolore toracico e insufficienza circolatoria. Una volta inalato, si deposita lungo tutto l'albero respiratorio, ma in particolar modo nella parte distale del polmone. Il principale meccanismo di tossicità appare coinvolgere la perossidazione lipidica delle membrane cellulari con conseguenti effetti dei radicali liberi sulle molecole, sia strutturali, che funzionali. Gli studi disponibili non hanno chiarito gli effetti sull'uomo dell'esposizione a dosi basso-moderate, prossime a quelle dell'ambiente esterno. L'evidenza tossicologica suggerisce un aumento della suscettibilità alle infezioni, un deficit

della funzionalità polmonare e un deterioramento dello stato di salute dei soggetti con patologie respiratorie croniche.

Gli effetti sanitari indotti dall' NO_2 per esposizioni a breve termine comprendono l'aumento della resistenza al passaggio dell'aria delle vie aeree, il decremento della funzionalità polmonare e l'aumento della reattività bronchiale verso i broncocostrittori. Attualmente il più basso livello osservato di NO_2 in grado di influire sulla funzionalità polmonare degli asmatici, senza esposizione ad altri broncocostrittori, è $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 30 min. di esposizione e con esercizio intermittente. E' comunque ancora molto controverso se questo tipo di alterazione debba essere considerata o meno un effetto dannoso. I gruppi "sensibili" sono costituiti dagli asmatici, non dai bronchitici (WHO, 1987). Per quanto riguarda gli effetti indotti da esposizioni a lungo termine, sono compresi: unaumentata incidenza di malattie respiratorie; una vasta gamma di alterazioni strutturali dell'apparato respiratorio comprendenti cambiamenti del tipo cellulare nelle regioni tracheobronchiale e polmonare, fino ad alterazioni di tipo enfisematoso, caratterizzate da assottigliamento delle membrane dei capillari alveolari, perdita dell'epitelio ciliato e deposizione di collagene in aree atipiche; incremento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e forse virali; effetti dannosi su milza, fegato e sangue (WHO, 1987).

Molteplici sono gli studi epidemiologici che confermano un aumento degli effetti degli inquinanti nella stagione calda. Tra le motivazioni, il fatto che nel periodo estivo le concentrazioni atmosferiche rappresentano in modo più attendibile il livello di esposizione della popolazione, la quale, a causa del clima, passa più tempo all'aperto. Inoltre, il ricambio d'aria nelle abitazioni è più alto che d'inverno, con una conseguente maggiore esposizione agli inquinanti atmosferici. Inoltre la miscela di inquinanti risulta essere particolarmente nociva nella stagione calda per una diversa composizione e dimensione delle particelle e una differente combinazione tra particelle e gas, specie di natura ossidante, quali l' NO_2 e l'ozono. Si può ipotizzare quindi un effetto sinergico tra inquinamento ed aumento della temperatura.

Si stima che il 7% della popolazione urbana sia stata esposta a concentrazioni di NO_x al di sopra degli standard UE e WHO (che in questo caso sono uguali). Il 94% dei superamenti è dovuto al traffico veicolare: gli autoveicoli sono responsabili del 50% delle emissioni di NO_x ; in particolare i motori diesel producono più ossidi di azoto dei motori a benzina perché usano miscele molto povere in termini di rapporto aria-combustione. Seguono le centrali termoelettriche (21%), gli altri settori industriali compreso il trattamento dei rifiuti ed i settori domestico e terziario. Nelle città la concentrazione di NO_x è 10-100 volte maggiore che nelle aree extra-urbane.

Non sono trascurabili le concentrazioni indoor di NO_x che possono superare anche notevolmente quelle esterne a causa dell'uso di elettrodomestici a combustione senza aspiratori d'aria come cucine a gas, stufe a cherosene o a legna, caminetti, fumo di sigaretta, e del basso ricambio d'aria. Le concentrazioni indoor possono eccedere i $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anche per vari giorni consecutivi. Durante la cottura dei cibi, sono state misurate concentrazioni orarie nelle cucine comprese tra 470 e $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi massimi di un minuto fino a $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il fumo di una sigaretta può contenere concentrazioni di NO pari a $150000\text{-}226000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e concentrazioni minori di NO_2 (WHO, 1987).

2.6 O₃ - Valutazione del Rischio

Studi recenti hanno ulteriormente confermato l'esistenza di un'associazione tra l'esposizione a breve termine a livelli ambientali di ozono e mortalità, evidenziando alterata funzione polmonare e, come conseguenza immediata, l'impoverimento delle difese antiossidanti delle vie respiratorie. Gli effetti più marcati evidenziati nei vari studi consistono in mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie (WHO, 1987; WHO, 1995).

Nello studio APHEA riguardante cinque grandi città UE (Anderson et al., 1997) sono stati analizzati i dati sui ricoveri d'urgenza in ospedale per bronchite, enfisema e ostruzione cronica delle vie respiratorie. I risultati di questo studio, insieme alla stima della distribuzione delle esposizioni all'ozono in UE, suggeriscono che lo 0,3% dei ricoveri d'urgenza per affezioni respiratorie nell'UE è attribuibile all'esposizione a concentrazioni di ozono eccedenti la soglia di protezione per la salute fissata dalla UE [110 µg/m³ (55 ppb) come valore medio su 8 ore]. nella Direttiva del Consiglio Europeo sull'inquinamento dell'aria 2008/50/CE.

In oltre l'80% dei casi di superamento di tale soglia, le concentrazioni di ozono sono comprese fra 110 e 170 µg/m³ (55-85 ppb). In Belgio, Francia e Grecia, la percentuale di ricoveri attribuiti all'esposizione ad elevati livelli di ozono ha superato lo 0,5%. Il numero di ricoveri a Londra è risultato in posizione mediana rispetto alle cifre rilevate nelle cinque città dell'APHEA. In base ai risultati osservati a Londra (20 ricoveri d'urgenza/die per malattie respiratorie su una popolazione di 7,3 milioni), in UE poco più di 80 ricoveri d'urgenza, nel periodo marzo-ottobre 1995, potrebbero essere attribuibili ad esposizioni a livelli di ozono superiori al valore soglia. Se l'esposizione intorno ai luoghi di monitoraggio è rappresentativa della distribuzione generale delle concentrazioni dell'ozono in ciascun paese, un totale di quasi 700 ricoveri d'urgenza nell'UE nel periodo marzo-ottobre 1995 potrebbe essere attribuito a concentrazioni di ozono superiori a 110 µg/m³ (55 ppb), come valore medio su 8 ore. Della cifra totale, oltre 500 casi si sarebbero verificati in tre paesi: Francia, Italia e Germania, un dato in parte dovuto alle dimensioni della popolazione di tali paesi.

Gli studi epidemiologici indicano tuttavia un aumento dei ricoveri ospedalieri anche a concentrazioni inferiori al valore soglia (Ponce de Leon, 1996). Un calcolo conservativo, che ipotizza concentrazioni di ozono comprese, in media, fra 60 e 110 µg/m³ (30-55 ppb, valore medio su 8 ore) per il 20-40% dei giorni-persona, suggerisce che la percentuale di ricoveri in ospedale attribuibile a concentrazioni di ozono superiori a 60 µg/m³ (30 ppb, valore medio su 8 ore) potrebbe costituire l'1,5% di tutti i ricoveri per affezioni respiratorie. Pertanto, nelle zone coperte dal monitoraggio si conterebbero 400 ricoveri, cifra che consente di estrapolare un totale di oltre 3 000 ricoveri nel complesso dell'UE nel periodo marzo-ottobre 1995.

Nella convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza viene anche usato il concetto di "livelli critici" per valutare gli effetti dell'ozono sulle colture agricole e sulle foreste. Il parametro dell'effetto viene calcolato come esposizione cumulativa ad ozono oltre la soglia di 40 ppb (80 µg/m³), espressa in unità di ppb.h, ed è chiamato AOT40.

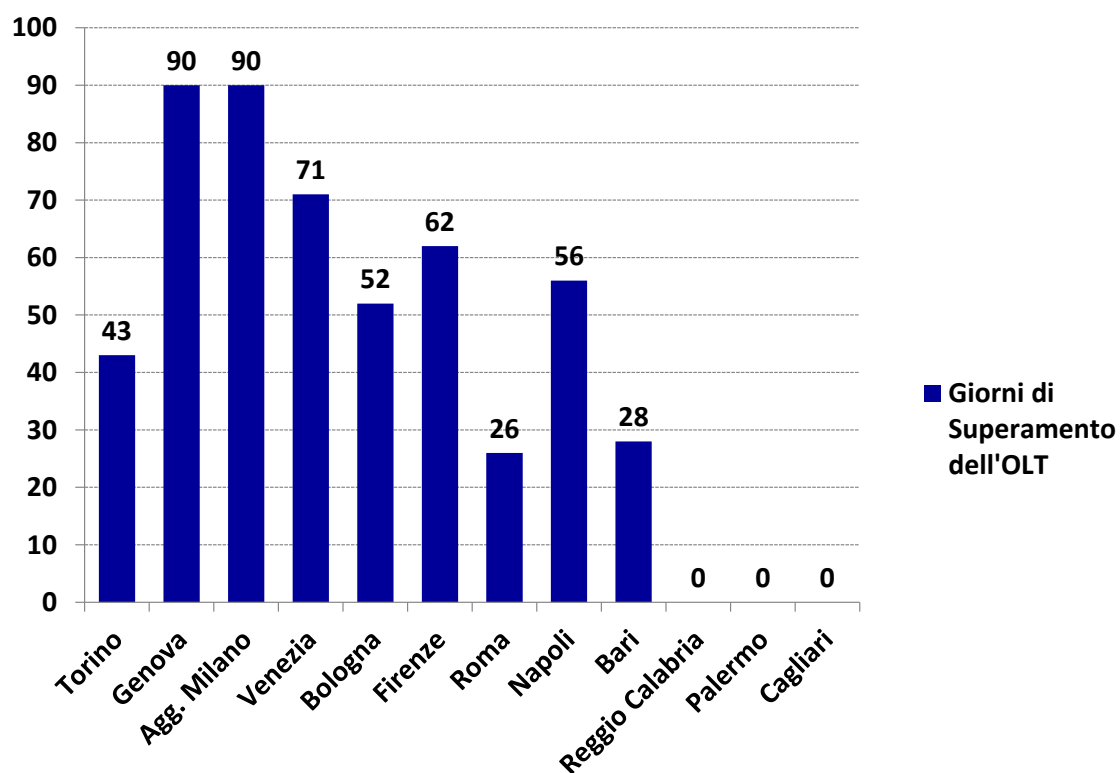


Figura 8: Superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile) nelle aree urbane per l'anno 2017 (ISPRA, Stato dell'Ambiente 82/18).

2.7 Vie di esposizione e meccanismo d'azione

L'inalazione è l'unica via di esposizione collegata agli effetti del particolato aerodisperso. Una parte dell'aerosol inalato si deposita sulle superfici delle vie respiratorie mentre la rimanente porzione viene esalata. La deposizione delle particelle nel tratto respiratorio dipende essenzialmente dalla granulometria delle particelle inalate, dalla modalità respiratoria. La respirazione oro-faringea aumenta la quota che si deposita nel polmone e ciò accade spesso durante l'esercizio fisico e la conversazione (WHO 2000). Per la valutazione dell'esposizione è importante considerare sia l'esposizione *indoor* che quella *outdoor*. Il fumo di sigaretta rappresenta un'importante fonte di inquinamento *indoor*, così come la penetrazione di particelle esterne negli spazi interni deve essere valutata in ambienti in cui non sono presenti fumatori. Colome et al. (1992) trovano un rapporto indoor/outdoor di 0.70 per la concentrazione media di PM10 in abitazioni di non fumatori nel sud della California.

Una volta depositata nei polmoni, la maggior parte delle particelle è rimossa attraverso vari meccanismi di eliminazione. Le particelle insolubili depositate sulla mucosa bronchiale sono generalmente eliminate attraverso la clearance muco-ciliare in 24-48 ore (Schlesinger 1990).

Molte sostanze presenti nel PM dell'inquinamento outdoor possono tuttavia persistere nel tratto respiratorio producendo effetti infiammatori e stress ossidativo. La deposizione e la clearance delle particelle varia inoltre notevolmente fra gli individui a seconda di età, genere, fumo, e presenza di patologie respiratorie come asma o BPCO. Vapori e gas organici lipofili, una volta inalati, si distribuiscono rapidamente nel tratto respiratorio e a ciò segue un rapido assorbimento ematico.

L'eliminazione dal polmone può avvenire attraverso l'azione dei macrofagi alveolari o di meccanismi alternativi delle cellule epiteliali polmonari. Il tempo di dimezzamento di particelle insolubili depositatesi nel polmone può essere dell'ordine di settimane, mesi o persino anni. Il PM, così come l'ozono o gli ossidi d'azoto, sviluppano una potente azione ossidante, sia attraverso un'azione diretta dei suoi costituenti su proteine e lipidi, sia attivando le vie di ossidazione intracellulare (Brunekreef and Holgate 2002). Lo stress ossidativo indotto dalle polveri sottili sarebbe alla base delle associazioni tra esposizione a PM10 ed esacerbazione delle malattie polmonari e del cancro ai polmoni (Donaldson et al. 2003). Studi in vivo e in vitro hanno evidenziato che il particolato atmosferico determina potenti effetti pro-infiammatori a carico delle cellule epiteliali e dei macrofagi alveolari.

L'interazione diretta di tali cellule con il particolato inalato determina l'attivazione delle vie di ossidazione e il rilascio di mediatori dell'infiammazione (citochine, chemochine, leucotrieni/prostaglandine) che comportano a loro volta una estensiva migrazione di neutrofili e attivazione dei linfociti T. Questa risposta infiammatoria, sistemica, determina la stimolazione del sistema ematopoietico, in particolare del midollo osseo, risultando in un aumento dei leucociti circolanti e di loro precursori (Fujii et al. 2001). In breve termine, il risultato è un danno tissutale acuto con l'attivazione della via del recettore per il fattore di crescita epidermico (EGFR Epidermal-Growth-Factor- Receptor) e di meccanismi di riparazione, il cui ripetersi in un ciclo danno/riparazione può portare allo sviluppo e alla cronicizzazione della malattia respiratoria.

Nell'uomo è stata documentata un'associazione fra danni al DNA (es. addotti su linfociti)

e ai cromosomi (traslocazioni cromosomiche e micronuclei) ed esposizione a PM e/o livelli di IPA nei PM outdoor.

A livello cardiovascolare, il meccanismo d'azione del PM non è ancora chiaro. Studi recenti indicano che particelle fini e ultrafini possono interferire con il processo di coagulazione del sangue e di conseguenza con lo sviluppo di aterosclerosi e trombosi, effetti conseguenti al rilascio di mediatori solubili dai polmoni, o alla diretta traslocazione delle particelle più fini all'interno del sistema circolatorio (Nemmar et al. 2006). Un altro meccanismo ipotizzato riguarda la capacità del PM di indurre ipertrofia miocardica, il che aumenta la probabilità di infarto (Kang 2016).

2.8 Riferimenti normativi

La norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal Decreto Legislativo n. 155/2010, che ha abrogato il Decreto Legislativo n. 351/99 ed i rispettivi decreti attuativi (il DM 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il DM 261/2002).

Il Decreto Legislativo n.155/2010 contiene le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di informazione e di allarme, livelli critici, obiettivi a lungo termine e valori obiettivo.

Il Decreto individua l'elenco degli inquinanti per i quali è obbligatorio il monitoraggio (NO_x , SO_2 , CO, O_3 , PM10, PM2.5, Benzene, Benzo(a)pirene, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio, precursori dell'ozono) e stabilisce le modalità della trasmissione e i contenuti delle informazioni per PM10 sullo stato della qualità dell'aria, da inviare al Ministero dell'Ambiente.

Di recente sono stati emanati il DM Ambiente 29 novembre 2012, che, in attuazione del DLgs. 155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria e il DLgs. 250/2012, che modifica ed integra il Decreto Legislativo n.155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei COV (composti organici volatili).

È in corso in Europa un processo di revisione della strategia tematica per la qualità dell'aria che, alla luce della situazione attuale (segnali di diminuzione delle concentrazioni di inquinanti in aria assenti o troppi deboli, efficacia delle misure intraprese non sempre soddisfacente, tetti alle emissioni superati, evidenze dell'impatto degli inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente), risulta caratterizzato dall'urgenza di imprimere un'accelerazione al processo di miglioramento della qualità dell'aria.

La Direttiva UE 2008/50/CE ed il Decreto di recepimento (155/2010) prevedono per il PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media annua dei valori giornalieri (con un margine di tolleranza di $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con riduzione annua costante fino ad annullarsi entro il 1° gennaio 2005), e un valore limite giornaliero per la protezione della salute umana di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media giornaliera (con un margine di tolleranza di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con riduzione annua fino ad annullarsi entro il 1° gennaio 2005).

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Limite	Superamenti in un anno
PM10 (µg/m³)	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera	50 µg/m³	massimo 35
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m³	
PM2.5 (µg/m³)	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	25 µg/m³	
NO₂ (µg/m³)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima oraria	200 µg/m³	massimo 18
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m³	
O₃ (µg/m³)	Soglia d'informazione	Media massima oraria	180 µg/m³	
	Soglia d'allarme	Media massima oraria	240 µg/m³	
	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m³	<= 25 volte/anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m³ come media su 5 anni	
CO (mg/m³)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m³	
SO₂ (µg/m³)	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	125 µg/m³	massimo 3
	Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	Media massima oraria	350 µg/m³	massimo 24
Benzene (µg/m³)	Valore limite su base annua	anno civile	5 µg/m³	
Benzo(a)pirene (ng/m³)	Concentrazione presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	anno civile	1 ng/m³	
Metalli pesanti (ng/m³)	Arsenico	anno civile	6 ng/m³	
	Cadmio	anno civile	5 ng/m³	
	Nichel	anno civile	20 ng/m³	
	Piombo	anno civile	0,5 µg/m³	

Figura 9: Valori limite degli inquinanti atmosferici per la protezione della salute umana (Fonte: D.Lgs.155/2010).

2.9 Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani

Con il termine inquinanti organici persistenti (POPs, *Persistent Organic Pollutants*) si indica un gruppo di sostanze tossiche, persistenti, bioaccumulabili e disponibili al trasporto ambientale su lunghe distanze.

Alcuni POPs, utilizzati per le loro proprietà come pesticidi, sono stati rilasciati in ambiente intenzionalmente, altri, di interesse industriale per le loro proprietà, sono emessi nell'ambiente per volatilizzazione, perdite o eventi accidentali durante l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla produzione allo smaltimento finale, altri infine si formano in piccole quantità come sottoprodotti non desiderati durante i processi ad alta temperatura e alcune attività industriali.

Per le loro proprietà di persistenza e semivolatilità, i POPs pongono problemi a livello locale e globale.

La dispersione su scala globale è legata alle proprietà chimico-fisiche di questi composti: sono resistenti alla degradazione chimica e biologica e persistono nel suolo, nelle acque e negli organismi viventi per molto tempo. Pur presentando una limitata volatilità, sono trasportati in atmosfera su grandi distanze (centinaia o anche migliaia di chilometri) seguendo il movimento delle masse d'aria; il loro destino è l'accumulo nelle zone più fredde del globo.

Dal punto di vista chimico-fisico, i POPs sono composti liposolubili, che si accumulano nei lipidi, dove possono raggiungere concentrazioni potenzialmente rilevanti sul piano tossicologico.

Le sostanze attualmente riconosciute come POPs possono essere suddivise in tre categorie: pesticidi (aldrin, clordano, clordecone, DDT, dieldrin, endrin, eptacloro, esclorobenzene, esaclorocicloesano, mirex e toxafene), prodotti industriali (PCB ed esabromobifenile) e sottoprodotti non desiderati (diossine, furani e alcuni IPA).

Le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF) sono due gruppi di composti con struttura e proprietà chimiche molto simili e che possono contenere da 1 a 8 atomi di cloro. La sostituzione sugli anelli benzenici di uno o più atomi di idrogeno con un atomo di cloro, dà origine a 75 possibili differenti strutture o congeneri. Analogamente, i policlorodibenzofurani, in cui l'anello contenente l'ossigeno è a 5 atomi, possono essere classificati in 135 diversi congeneri a seconda del grado di clorurazione. Solo 7 dei 75 possibili congeneri delle PCDD e 10 dei 135 possibili congeneri dei PCDF, quelli aventi atomi di cloro nelle posizioni 2,3,7 ed 8, hanno tossicità simile e paragonabile alla 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina, il composto tra questi più tossico.

Il fattore di tossicità equivalente (TEF) specifico per ciascuno dei congeneri esprime la tossicità del congenere rispetto alla massa equivalente di 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD). Moltiplicando la massa di un congenere per il suo TEF si ottiene la corrispondente tossicità equivalente nella miscela (TEQ).

La formula utilizzata è la seguente:

$$TEQ = ([PCDD_i \times TEF_i]n) + ([PCDF_i \times TEF_i]n)$$

Per l'uomo, i TEF definiti dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) sono riportati nella tabella seguente, dove sono confrontati i valori proposti nel 1998 e i dati recenti del 2005 (Figura 10).

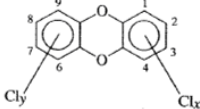
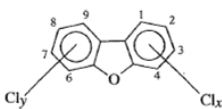
PCDD/F	I-TEFs (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEFs (Van den Berg et al., 1998)
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001
(T = tetra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta, O = octa)		

Figura 10: Diossine - Furani e fattori di tossicità equivalente.

PCDD e PCDF non sono prodotti commerciali e non sono mai state prodotte intenzionalmente. Si formano come sottoprodotti non desiderati durante tutti i processi di combustione, in numerose operazioni industriali ad alta temperatura e durante la produzione di altre sostanze organoclorurate.

I fattori che favoriscono la formazione di PCDD/PCDF sono alte temperature, ambiente alcalino, radiazione UV e presenza di radicali. Attualmente l'emissione di PCDD/PCDF in ambiente è legata ad operazioni ad alte temperature, come le combustioni e alcuni processi metallurgici primari e secondari. La formazione di PCDD e PCDF parte da precursori come PCB, clorofenoli e clorobenzeni oppure mediante sintesi "de novo" in cui PCDD e PCDF possono formarsi a partire da semplici blocchi di partenza contenenti carbonio e cloro.

A causa della loro elevata biopersistenza, PCDD e PCDF sono ormai inquinanti ubiquitari e la loro presenza è riscontrabile a livello di tracce in tutti i compartimenti ambientali e lungo le catene alimentari. La loro persistenza rende significative le fonti secondarie, ossia quei materiali e quei compartimenti ambientali che contengono diossine prodotte nel passato e che possono rimetterle in circolo a seguito di processi di volatilizzazione e risospensione. I maggiori serbatoi sono il suolo ed i sedimenti, dove è accumulata la quasi totalità delle diossine emesse in atmosfera in passato, il legno trattato con pentaclorofenolo, il PCB, il compost, i fanghi di depurazione e le discariche di rifiuti.

 1,4-diossina		 furano	
Formula policlorodibenzo-para-diossine		Formula policlorodibenzofurani	
			
numero di atomi atomi di cloro	numero di isomeri	numero di atomi atomi di cloro	numero di isomeri
1	2	1	4
2	10	2	16
3	14	3	28
4	22	4	38
5	14	5	28
6	10	6	16
7	2	7	4
8	1	8	1
Totale	75	Totale	135

2.9.1 Cancerogenicità

La IARC ha dedicato a PCDD e PCDF una prima monografia nel 1997 nella quale, passati in rassegna tutti gli studi epidemiologici e sperimentali disponibili, ha assegnato il Gruppo 1 (cancerogenicità certa) ad un solo congenere PCDD: la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-diossina (2,3,7,8-TCDD). Molti sforzi scientifici sono stati spesi nel dimostrare l'associazione di alcune specifiche forme tumorali con l'esposizione a 2,3,7,8-TCDD, in particolare i sarcomi dei tessuti molli e i linfomi non-Hodgkin. Tuttavia, già nel 1997, il Gruppo di Lavoro IARC giudicò che l'eccesso di rischio per sarcomi dei tessuti molli osservato in alcune coorti, tra cui anche una italiana, non fosse sufficientemente provato, essendo i risultati influenzati dal basso numero di casi, dalla fondata possibilità di errori nella classificazione di tale tumore, dalla mancanza di una chiara relazione con l'esposizione a 2,3,7,8-TCDD e perché non dimostrato in alcune delle principali coorti occupazionali prese in esame. Per quanto riguarda i linfomi non-Hodgkin, un incremento di rischio fu osservato nelle quattro coorti occupazionali più significative e negli studi riguardanti la popolazione di Seveso. L'assenza di una completa concordanza tra i risultati dei diversi studi e la non significatività statistica della maggior parte di tali incrementi di rischio, portarono la IARC a suggerire di usare cautela nell'interpretare i dati.

Nella revisione IARC del 2010 è stata confermata la cancerogenicità certa della 2,3,7,8-TCDD per tutti i tumori, estendendola al 2,3,4,7,8-pentaclorodibenzofurano (2,3,4,7,8-PeCDF) poiché ritenuto in grado di agire con il medesimo meccanismo di azione della 2,3,7,8-TCDD; per quanto riguarda tumore polmonare, sarcoma dei tessuti molli e linfoma non-Hodgkin l'evidenza nell'uomo rimane limitata (Apostoli et al., 2011, Catalani et al., 2010).

Numerose evidenze indicano che la TCDD agisce attraverso un meccanismo che coinvolge il recettore arilico Ah, presente nell'uomo e negli animali (IARC, 1997).

L'evidenza della cancerogenicità della TCDD ha contribuito ad attivare studi che prevedono una misurazione diretta della diossina e riguardano esposizioni a erbicidi con probabile

contaminazione da 2,3,7,8-TCDD. Tuttavia, un limite di tali studi è l'impossibilità di differenziare gli effetti della 2,3,7,8-TCDD da quelli dei prodotti nei quali la TCDD sia presente.

I meccanismi dell'azione cancerogena della 2,3,7,8-TCDD si possono ricondurre principalmente a danno ossidativo, soppressione del controllo immunitario, proliferazione cellulare e promozione tumorale. e sono secondari al legame al recettore arilico (AhR), fattore di regolazione ubiquitario che lega 2,3,7,8-TCDD e suoi congeneri aromatici planari in modo saturabile e con alta affinità (Poland 1982, Bradfield 1988, Safe 1986).

La monografia IARC del 1997 riporta le evidenze sperimentali e la plausibilità dei principali meccanismi di azione cancerogena della 2,3,7,8-TCDD, sia i meccanismi di promozione tumorale, che includono alterazioni dell'espressione di geni coinvolti nella differenziazione e crescita cellulare, danni al DNA mediati dal citocromo P-450, espansione delle cellule pre-neoplastiche per inibizione dell'apoptosi, modulazione positiva intra- ed extra-cellulare di stimoli della crescita.

Nella valutazione finale era riportato che la 2,3,7,8-TCDD è un cancerogeno multi-sito negli animali da esperimento sempre per coinvolgimento di AhR; si sottolineava, inoltre, che questo recettore è altamente conservato dal punto di vista dell'evoluzione con funzionalità simile negli uomini e negli animali da esperimento.

Tuttavia, una delle maggiori critiche sollevate negli anni in merito all'interazione TCDD-AhR era la trasposizione degli effetti osservati nell'animale all'uomo.

La maggiore differenza fra uomo e animale è in relazione all'emivita biologica; mentre nell'uomo la 2,3,7,8-TCDD ha un'emivita di 5.8-11.3 anni (Olson et al., 1994), nei roditori essa è in genere di soli 10-30 giorni. La 2,3,7,8-TCDD si accumula nei tessuti umani con un tasso più elevato rispetto all'animale da esperimento in seguito a esposizione cronica a basse dosi. Tale bioaccumulo suggerisce che nell'uomo la risposta TCDD-indotta, in seguito a esposizione prolungata, avvenga a dosi giornaliere più basse rispetto alla dose richiesta per evocare la stessa risposta nell'animale da esperimento. Un esempio delle possibili differenze interspecie è la sensibilità 100 volte maggiore verso gli effetti letali acuti della 2,3,7,8-TCDD fra cavie e criceti; i ratti sono simili nella sensibilità dell'induzione del CYP1A1, ma differiscono di 100 volte nella sensibilità della promozione tumorale dell'epatocarcinoma (Viluksela et al. 2000). Nei roditori si osserva l'insorgenza di tumore primario nel fegato in seguito ad esposizione a 2,3,7,8-TCDD ad alte dosi, evento raramente osservato in popolazioni umane.

Nel 2003 Cole, nella sua review critica sulla cancerogenicità della TCDD, sottolineava che la maggior parte delle prove riportate nella monografia IARC 1997 in merito al coinvolgimento di AhR si riferiva a forme di tossicità diverse dal tumore (cloracne, effetti epatici, gastrointestinali, neurologici, immunologici, polmonari, tiroidei, renali e diabete). La monografia stessa riconosceva che non è noto se esista un collegamento diretto tra una serie di alterazioni biochimiche che seguono il legame con il recettore ed ogni specifico effetto tossico.

Un ulteriore punto discusso da Cole era che secondo la IARC altre sostanze chimiche (dibenzo-para-diossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili) agiscono in un modo simile alla 2,3,7,8-TCDD, anche se con potenze differenti, per quanto riguarda il meccanismo di cancerogenicità; tuttavia, solo la 2,3,7,8-TCDD era stata dichiarata cancerogena per gli esseri umani, mentre gli altri composti erano stati classificati come non cancerogeni per l'uomo (gruppo 3).

L'autore osservava anche che i tumori più segnalati negli esperimenti su animali erano

quelli a carico del fegato e della cavità orale, che non trovano particolare corrispondenza con i tipi di tumore osservati nell'uomo.

La revisione IARC del 2010 riformula parte delle osservazioni sopra citate, affermando che l'interazione della 2,3,7,8-TCDD con il recettore arilico è il meccanismo responsabile della cancerogenesi di tale sostanza e, sottolineando come tale proprietà sia conservata fra le diverse specie compreso l'uomo ed inserisce 2,3,4,7,8-PeCDF e PCB 126 nel Gruppo 1 a causa della loro elevata affinità con AhR.

Dal momento che il recettore arilico è espresso in molti tessuti con differenze tessuto-specifiche in termini di livelli di espressione e profilo dei geni target, c'è una sostanziale complessità e difficoltà nell'associare le trascrizioni TCDD-mediate di specifici geni target ed effetti tessuto-specifici, incluso il tumore. È importante sottolineare che il coinvolgimento dei geni target individuali non è correlata con una cancerogenicità sito-specifica. Ad esempio, mentre la TCDD non ha effetti come promotore tumorale nei ratti ovariectomizzati e non stimola la proliferazione cellulare epatica in questi animali, è ancora in grado di indurre CYP1A2 nella stessa maniera dei ratti integri. Allo stesso modo, l'induzione del CYP1A1 da parte di TCDD è molto simile in ratti maschi e femmine, anche se i maschi sono quasi completamente resistenti alla cancerogenicità della TCDD (Wyde et al., 2002).

Studi meccanicistici successivi hanno approfondito il ruolo dell'interazione verso il recettore AhR, individuando nuovi repressori e proteine che interagiscono con il recettore, ad esempio XAP2 (23-26). Sono stati inoltre caratterizzati meccanismi molecolari che coinvolgono AhR e possibili associazioni con lo sviluppo del tumore, come variazioni di proteine citosoliche trasduttrici, mobilitazione del calcio, onco-soppressori, fattori di crescita, oncogeni e proteine del ciclo cellulare (Matsumura et al., 2003).

Nella revisione IARC 2010 è riportato che fra i meccanismi recettore-mediati responsabili della cancerogenesi, quello più rappresentato è la promozione tumorale per modificazione della replicazione cellulare e dell'apoptosi e, secondariamente, l'induzione di stress ossidativo.

La promozione tumorale attraverso l'inibizione dell'apoptosi conferisce alla 2,3,7,8-TCDD anche un ruolo di co-cancerogeno, ossia di favorire la proliferazione di cellule tumorali iniziate da cancerogeni certi. Chopra et al. (2010) hanno esaminato gli effetti della 2,3,7,8-TCDD sui meccanismi di apoptosi indotti da raggi UV, ocratossina A e cicloeximide su epatociti di ratto. Sia i raggi UV che l'ocratossina provocano un'attivazione delle caspasi ed effetti apoptotici nucleari. La 2,3,7,8-TCDD inibisce l'induzione dell'apoptosi causata dai raggi UV e questi effetti sembrano essere dipendenti dall'attivazione dei recettori Ah, come dimostrato con l'impiego di un antagonista AhR. Gli autori suggeriscono pertanto che l'inibizione dell'apoptosi da parte della 2,3,7,8-TCDD dipenda o dall'induzione di proteine anti-apoptotiche AhR-dipendenti o dall'inibizione di proteine pro-apoptotiche indotte dai raggi UV.

L'induzione di stress ossidativo è un fattore determinante nella cancerogenesi della 2,3,7,8-TCDD. Studi su ratti e topi dopo singoli trattamenti ad alte dosi hanno evidenziato un aumento della produzione di anioni superossido, perossidazione lipidica e rottura del DNA a singolo filamento. Studi in vitro mostrano che la promozione della trasformazione di fibroblasti di topo in seguito ad esposizione a concentrazioni non citotossiche di 2,3,7,8-TCDD è inibita dalla somministrazione di antiossidanti come vitamina C ed A. Recentemente, è stato proposto un ulteriore meccanismo d'azione a supporto dell'azione cancerogena della

2,3,7,8-TCDD: la proliferazione di cellule tumorali attraverso l'azione diretta sulla trascrizione mitocondriale. I segnali di stress mitocondriale indotti dalla 2,3,7,8-TCDD possono essere propagati in parte attraverso AhR, ma anche attraverso meccanismi indipendenti da tale recettore, come l'induzione di proteine kinasi C e segnali extracellulari regolati da kinasi.

Un'ulteriore modalità per cui la 2,3,7,8-TCDD può promuovere lo sviluppo del cancro è stata descritta da Biswas et al. (2008). Su miociti è stata confermata un'inibizione della trascrizione mitocondriale ed un'alterazione del potenziale transmembrana mitocondriale e dell'omeostasi del Ca^{++} . Le cellule trattate con 2,3,7,8-TCDD mostravano resistenza all'apoptosi, con un fenotipo altamente invasivo. Ciò suggerisce che la 2,3,7,8-TCDD potrebbe promuovere la progressione tumorale attivando segnali di stress mitocondrio-nucleo.

Jenkins et al. (2007) hanno ipotizzato che il periodo di esposizione a interferenti endocrini come la 2,3,7,8-TCDD possa influire sulla suscettibilità del tumore mammario: l'esposizione prenatale alla molecola potrebbe alterare la differenziazione delle ghiandole mammarie aumentandone la suscettibilità. Nello studio è stata dimostrata una sotto-regolazione della superossido-dismutasi 1 (SOD1), che può ridurre le difese vs. i radicali liberi. Secondo gli autori, l'esposizione prenatale a 2,3,7,8-TCDD può predisporre al tumore mammario nella prole adulta alterando il proteoma delle cellule mammarie. Evidenze di laboratorio su cavie hanno dimostrato, ad esempio, come l'esposizione in determinate "finestre espositive" (15° giorno dal concepimento) a 2,3,7,8-TCDD abbia comportato un numero nettamente più elevato di tumori mammari rispetto a quelli osservati in un gruppo esposto ad un cancerogeno certo (dimetildibenzoantracene) al 50° giorno dalla nascita.

Questi lavori, come numerosi altri (Brody et al., 2003; Soto et al., 2008) aprono pertanto scenari assolutamente nuovi rispetto a neoplasie in netto aumento come i tumori mammari e mettono in discussione la visione stessa della cancerogenesi. Questa potrebbe non essere più vista come il risultato di una mutazione somatica, con l'acquisizione di vantaggi del clone neoplastico attraverso passaggi successivi, ma come il risultato di un'alterata programmazione tissutale che avverrebbe nel corso della vita fetale o comunque in determinate "finestre espositive".

2.9.2 Altri effetti non cancerogeni

L'uomo, in quanto al vertice della catena trofica, risulta esposto alle diossine presenti nell'ambiente. Gli effetti più noti di tali contaminanti sull'organismo sono stati evidenziati in seguito a esposizioni acute per eventi accidentali e/o esposizioni professionali. Tuttavia, la relazione causa-effetto tra esposizione alla contaminazione ed effetti sull'organismo in alcuni casi non è stata pienamente accertata.

Le principali manifestazioni riferibili a un'intossicazione da diossina comprendono la cloracne, l'endometriosi, l'infertilità maschile, danni al sistema immunitario e nervoso, malformazioni fetali, cancro e interferenze endocrine.

La cloracne è storicamente la prima espressione clinica e patologica collegata all'esposizione alle diossine; fu individuata per la prima volta nel 1897 e segnalata come malattia occasionale tra i lavoratori addetti alla produzione dei primi pesticidi negli anni '30 e tra i lavoratori degli impianti per la sintesi dei policlorobifenili (PCB). La malattia si manifesta con eruzioni cutanee simili a quelle dell'acne giovanile, con possibile localizzazione estesa all'intera superficie corporea, dolori alle articolazioni, mal di testa, affaticamento, irritabilità e stanchezza cronica. Tali manifestazioni possono protrarsi nei casi più gravi, per diverso tempo (30 anni). Questa patologia insorge per livelli di accumulo compresi tra 96 e 3.000 ng/ Kg p.v. L'endometriosi si instaura quando frammenti di tessuto endometriale si impiantano fuori dalla cavità uterina. Gli innesti si sviluppano nel peritoneo, ma anche in prossimità delle ovaie, sulle tube di Falloppio, sulla cervice, nella vagina, nella vescica, sui legamenti uterosacrali, sull'intestino e più raramente in altri distretti corporei, come polmoni, braccia o cosce. Questi tessuti ectopici rispondono alla normale azione ormonale andando incontro a ispessimento, sfaldamento, sanguinamento.

L'esposizione alla diossina è anche causa di infertilità maschile. La diossina riduce i livelli di testosterone già a dosi di accumulo di soli 17 ng/Kg, livelli facilmente rilevabili in soggetti non professionalmente esposti. L'azione simil-estrogenica della diossina sembra essere responsabile di una diminuzione del numero di spermatozoi.

Studi condotti sull'uomo, ma anche su animali, hanno evidenziato alterazioni a carico del sistema immunitario da diossine anche a dosi molto basse (Van Loveren et al. 2003). Esse consistono in riduzione ed alterazioni delle popolazioni linfocitarie. Evidenze sperimentali su animali da laboratorio hanno confermato un'attività immunosoppressiva a carico della serie linfocitaria a concentrazioni rilevabili in popolazioni di paesi industrializzati (10 ng/Kg p.v.). In particolare sono state osservate una diminuzione delle immunoglobuline (IgG) e una minor resistenza alle infezioni batteriche, virali e parassitarie.

La TCDD con ogni probabilità è in grado di indurre atrofia timica, provocando una riduzione del numero di prolinfociti nel midollo osseo.

I composti diossino-simili possono ridurre la risposta immunitaria nell'uomo e nei roditori. In questi ultimi, l'esposizione prenatale intacca quasi sempre le cellule linfocitarie della linea T riducendo il tasso di linfociti T helper e T suppressor nel timo. L'immunotossicità della TCDD sembra essere dovuta al legame con il recettore arilico e interessa anche i linfociti della linea B.

La correlazione tra diossine e diabete è un argomento ampiamente dibattuto. Alcuni autori (Bertazzi et al. 2001) hanno osservato una correlazione positiva in individui esposti dopo

l'incidente di Seveso, soprattutto donne. In uno studio di Longnecker et al. (2000) condotto sui veterani del Vietnam e impegnati in operazioni di defoliazione, tale correlazione è invece risultata più debole.

2.10 Policlorobifenili

I policlorobifenili (PCB) sono idrocarburi clorurati costituiti da un bifenile sostituito con un numero di atomi di cloro variabile da uno a dieci. Esistono 209 possibili composti individuali (congeneri). Le miscele di PCB, commercializzate con diversi marchi di fabbrica (es. Aroclor negli USA, Apirolio in Italia, Clophen in Germania), contengono, oltre a differenti congeneri di PCB, quantità variabili di clorobenzeni. Furani e policloronaftaleni sono invece presenti come impurezze. Sono stati utilizzati fin dal 1930 in sistemi chiusi (dielettrici in trasformatori e condensatori, circuiti idraulici, oli isolanti e da riscaldamento ecc.) ed in sistemi aperti (additivi di plastiche e vernici, carte copiative, lubrificanti, colle, ritardanti di fiamma, ecc.). Il grande valore dei PCB derivava dalle loro proprietà chimico-fisiche: inerzia chimica, resistenza al calore, bassa infiammabilità, bassa tensione di vapore, alta costante dielettrica, idrofobicità.

La produzione di PCB in molti paesi è stata proibita tra il 1970 ed il 1980. L'utilizzo di apparecchiature elettriche contenenti PCB è consentita fino al termine della loro vita e comunque non oltre il 2010. La produzione mondiale di PCB è stata stimata in circa 1,7 milioni di tonnellate. Sebbene i PCB non siano mai stati deliberatamente dispersi in ambiente, i loro livelli ambientali sono aumentati a causa di incidenti, perdite, volatilizzazione, incenerimento incompleto di rifiuti ed emissioni a discariche. Si stima che circa un terzo dei PCB prodotti siano dispersi in ambiente. A causa della capillare diffusione di prodotti contenenti PCB, attualmente le singole città possono essere considerate le principali sorgenti di emissione di PCB in atmosfera. L'alta persistenza e la mobilità ambientale li rende ormai ubiquitari. I PCB si formano e sono rilasciati nell'ambiente anche come sottoprodotti non desiderati durante gli stessi processi che portano alla formazione di PCDD e PCDF. Negli anni '90 è stata posta molta attenzione a 12 PCB (PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, e 189) coplanari non orto-sostituiti definiti da WHO "diossino-simili", i cui effetti biochimici e tossici sarebbero mediati dal legame con il recettore Ah (Aryl Hydrocarbon receptor, Ah-R). L'interazione con AhR è stata associata ad alterazioni dell'omeostasi endocrina ed immunitaria, nonché del metabolismo di xenobiotici. Il complesso recettore-ligando migra all'interno del nucleo cellulare, dove agisce come fattore di trascrizione, attraverso l'interazione con geni della famiglia dei citocromi P450 (1A1, 1A2, 1B1), chiamata anche elemento di risposta alle diossine (DRE). Su queste basi è stato introdotto il concetto di Fattore di Tossicità Equivalente (TEF), che fornisce la misura della potenza dei singoli congeneri per confronto con la diossina di riferimento, la 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina, TCDD, assumendo TCDD con TEF = 1,0.

Il concetto collegato è quello di tossicità equivalente (TEQ), calcolata moltiplicando la concentrazione in ptt (parti per trilione) del singolo congenere per il suo valore di TEF (2, 3). I 12 PCB cui è stato attribuito un TEF hanno una potenza compresa tra un decimo ed un tre-centomillesimo della TCDD (Figura 11, Van den Berg et al., 2006).

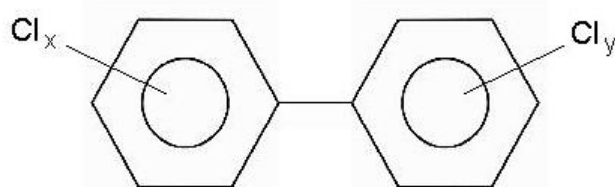
PCBdl (nome IUPAC)	WHO-TEF (Van den Berg et al., 1998)	WHO-TEF (2006)
3,3',4,4'-TCB (77)	0,0001	0,0001
3,4,4',5-TCB (81)	0,0001	0,0003
2,3,3',4,4'-PeCB (105)	0,0001	0,00003
2,3,4,4',5-PeCB (114)	0,0005	0,00003
2,3',4,4',5-PeCB (118)	0,0001	0,00003
2',3,4,4',5-PeCB (123)	0,0001	0,00003
3,3',4,4',5-PeCB (126)	0,1	0,1
2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	0,0005	0,00003
2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	0,0005	0,00003
2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	0,00001	0,00003
3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	0,01	0,03
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	0,0001	0,00003

(T = tetra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta)

Figura 11: Valori TEF riportati dall'organizzazione mondiale della Sanità nel 1998 e nel 2005.

L'approccio TEQ è molto pragmatico e serve soprattutto a guidare gli interventi preventivi o di bonifica. In ambito tossicologico è da applicare con grande cautela poiché è necessario siano rispettate alcune condizioni: che gli effetti dei singoli congeneri presenti nella miscela siano di tipo additivo; che il TEF sia assegnato solo a composti persistenti; che essi si leghino al Ah-R e mediante questo esplichino gli effetti.

A seguito dell'ultima monografia IARC (paragrafo successivo), in cui viene attribuita cancerogenicità certa a tutti i PCB, la distinzione fra PCB dioxin-like e non dioxin-like ha assunto un interesse tossicologico limitato.



$$x + y = 1, 2, 3, \dots, 10$$

2.10.1 Cancerogenicità e Classificazione IARC

L'aspetto più dibattuto sulla tossicità dei PCB è senza dubbio quello della cancerogenicità. Questa è stata investigata in studi di mortalità retrospettivi di coorte su lavoratori esposti e in studi caso-controllo di esposizioni ambientali che hanno esaminato l'associazione fra livelli di PCB nel siero e nel tessuto adiposo e l'insorgenza di tumore.

I PCB debolmente clorurati sono prontamente metabolizzati in specie reattive altamente elettrofiliche (es. areni, ossidi, chinoni) i quali oltre a produrre addotti con il DNA e ROS sono direttamente genotossici e mutageni (Ludewing et al., 2012). Al contrario, i composti altamente clorurati sono debolmente metabolizzati ma attraverso l'induzione di enzimi addetti al metabolismo di xenobiotici, possono ugualmente generare ROS, perossidazione lipidica e addotti al DNA e possono eventualmente generare effetti genotossici.

Gli studi epidemiologici sull'uomo sono spesso soggetti a limitazioni metodologiche e non si basano su plausibilità biologiche; per questo motivo IARC prima e più recentemente ATDSR (*Agency for Toxic Substances and Disease Register*) ed EPA (*Environmental Protection Agency*) hanno giudicato le evidenze disponibili insufficienti per dichiarare la cancerogenicità certa dei PCB. Golden et al. nel 2003 e nel 2009 hanno analizzato criticamente gli studi pubblicati dopo la valutazione dell'ATDSR affermando che nessuno di questi è in grado di variare le affermazioni fatte e che non vi è evidenza di una relazione causale fra PCB e tumori nell'uomo. Tuttavia, nel 2009 prima e nel 2013 poi, IARC ha attuato importanti modifiche nella valutazione della cancerogenicità dei PCB. Fino al 2009 IARC aveva inserito tutti i PCB nel gruppo 2A (IARC 1987), gruppo dei composti con evidenza di cancerogenicità limitata per l'uomo e sufficiente per l'animale.

Nel 2009, sulle base di evidenze sperimentali nell'animale su un aumento dell'incidenza di tumore al fegato (colangiocarcinoma), neoplasie squamose del polmone (carcinoma a cellule squamose) e carcinoma gengivale a cellule squamose della mucosa orale, al PCB 126 è stata assegnata cancerogenicità certa (Gruppo 1) (IARC 2009). Tale congenere è in grado di assumere una conformazione planare simile alla TCDD ed è quindi in grado di legarsi al recettore Ah provocando effetti diossino-simili.

In febbraio 2013, su *Lancet Oncology*, è stata pubblicata l'anteprima della nuova classificazione IARC su PCB e PBB, che sarà trattata estesamente nella monografia 107. L'attenzione si è spostata sulla categoria in toto e al termine di questa ulteriore valutazione il Gruppo di Lavoro IARC classifica tutti i PCB come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1), indicando come sito d'elezione la cute.

Inoltre i PCB diossino simili sono classificati nel gruppo 1 sulla base di estese evidenze di cancerogenesi mediata dall'attivazione del recettore AhR. Meccanismo simile a quello della 2,3,7,8-tetraclorodibenzoparadiossina.

Fra gli studi epidemiologici, le evidenze sulla cancerogenicità dei PCB sono a volte contrastanti.

Entrando nello specifico delle valutazioni effettuate (IARC, Vol 107), le evidenze di melanoma scaturiscono dalla valutazione di più di 70 studi epidemiologici indipendenti, molti dei quali riportanti un eccesso di rischio di melanoma, soprattutto studi in coorti di lavoratori addetti alla produzione di condensatori e trasformatori e addetti alla manutenzione elettrica.

L'aggiornamento IARC in tema di PCB è stato accolto con un po' di stupore non tanto

per l'attribuzione della cancerogenicità certa, quanto per l'associazione specifica con i tumori cutanei. Infatti in seguito al crescente numero di evidenze sperimentali, meccanicistiche ed epidemiologiche ci si aspettava una rivisitazione ed elaborazione della letteratura soprattutto verso fegato, vie biliari e linfomi. D'altra parte, le evidenze sulla cute erano discrepanti ed in secondo piano rispetto ad altri eventi cancerogeni. A sorpresa il gruppo di lavoro afferma che per quanto riguarda le evidenze degli altri tipi di tumore il rischio per linfoma non Hodgkin e tumore della mammella è biologicamente plausibile, anche se le associazioni non sono coerenti, dando luogo ad evidenze limitate, inoltre i dati sui tumori in altri siti sono limitati e non conclusivi.

Recenti metanalisi non hanno confermato le evidenze di cancerogenicità associate ai PCB (Boffetta et al. 2016; Zani et al., 2017). Nello studio di Boffetta et al., (2016) sono state revisionate 12 popolazioni professionalmente esposte a PCB ed il rischio cumulativo di melanoma è risultato pari a 0.91 (95% IC 0.78-1.32). Tale dato è stato confermato dalla metanalisi di Zani et al. (2017) in cui il rischio di melanoma cutaneo associato a PCB è pari a 1.32 (95% CI: 1.05-1.64), ed il rischio per linfoma non Hodgkin (NHL) risulta essere 0.94 (0.73-1.23).

2.10.2 Altri effetti non cancerogeni

L'esposizione a PCB, soprattutto per via orale, è associato a una gamma di effetti sulla salute differenti da quelli cancerogeni. Studi condotti su animali e sull'uomo evidenziano alterazioni a carico del sistema immunitario anche a dosi molto basse.

Altri studi evidenziano un'alterazione dello sviluppo fetale, al momento cioè della differenziazione tissutale del sistema immunitario, determinando alterazioni a lungo termine, sia in senso immunosoppressivo, che ipersensibilizzante.

Altri importanti evidenze si riscontrano a livello del sistema endocrino; tali contaminanti vengono, infatti, classificati tra i modulatori endocrini, termine che indica "agenti esogeni che interferiscono con produzione, rilascio, trasporto, metabolizzazione, legame, azione o eliminazione di ormoni naturali del corpo, responsabili del mantenimento dell'omeostasi (situazione che consente di mantenere in uno stato di equilibrio biochimico dinamico le condizioni di vita dell'"ambiente interno del nostro organismo) e della regolazione dei processi riproduttivi e di sviluppo" (Apostoli et al., 2009).

PCB e diabete

L'associazione fra valori serici di PCB e diabete è un tema ampiamente considerato. Nel 2010 Donato e Zani hanno valutato 22 studi sull'associazione PCB-patologie tiroidee e 22 su PCB-diabete ottenendo risultati contrastanti. Nel complesso circa la metà degli studi selezionati riporta un'associazione statisticamente significativa.

Fra gli studi sulla popolazione generale, riportiamo le evidenze di una valutazione su un gruppo di 725 soggetti di 70 anni che, dopo aggiustamento per fattori di rischio noti per il diabete di tipo 2, dimostra un'associazione significativa fra concentrazioni di PCB e diabete di tipo 2 (Lee et al., 2011).

In particolare i PCB 146 e 180 sono positivamente associati all'insorgenza di diabete ed i PCB 163/164 e 170 risultano invece negativamente associati (Tanaka et al., 2011).

Fra 352 adulti con età maggiore di 30 anni, con una prevalenza di diabete intorno al 20.2%, l'OR per il diabete nei soggetti con i livelli maggiori di PCB nel sangue (ultimo terzile rispetto al più basso, 101 congeneri) è risultato pari a 3.9 (95% CI, 1.5-10.6) (Codru et al., 2007).

Analizzando 25 anni di follow-up gli autori non trovano associazione fra valori elevati di PBB e aumentata incidenza di diabete, mentre nelle donne, ma non negli uomini, alti livelli di PCB sono associati ad un'aumentata incidenza di diabete (IDR = 2.33; 95% CI = 1.25-4.34 nel gruppo con concentrazione più alta confrontato con quello con concentrazioni più basse) (Vasiliu et al., 2006).

Risultano interessanti studi svolti in ambienti noti per essere contaminati dalle suddette sostanze. Su 774 soggetti residenti in un territorio contaminato (Anniston, Alabama), il RR di diabete nell'ultimo vs il primo quartile di PCB serico è risultato 2.78 (95% CI: 1.00-7.73), con un'associazione simile stimata nel confronto fra secondo e quarto quartile. Considerando solo i soggetti < di 55 anni l'OR sale a 4.78 (95% CI: 1.11-20.6), mentre nei soggetti > di 55 anni non è stata osservata nessuna associazione fra diabete e PCB (Silverston et al., 2012). Su 257 residenti in ambiente contaminati vi è un'associazione positiva fra diabete e composti organoclorurati, con OR 13.3 (95% CI 3.31-53.2) per i PCB coplanari (Fierens et al., 2003).

PCB e tiroide

Sono segnalati effetti verso l'omeostasi tiroidea, anche se le evidenze non sono univoche.

All'interno di una review di studi che esaminano la relazione PCB-ormoni tiroidei, sono stati valutati 22 lavori stratificati per robustezza del disegno dello studio. Gli autori concludono che i PCB influiscono sull'omeostasi tiroidea, anche se per il T3 e il T4 gli 8 studi di alta qualità depongono per una correlazione con le concentrazioni di PCB è inversa o assente, mentre per FT4 e TSH non si definisce un'associazione chiara con i PCB (Salay et al., 2009).

Zhang et al 2010 hanno studiato 50 donne in gravidanza, di cui 25 residenti in zone contaminate e 25 di riferimento trovando livelli serici di T4 e TSH nel siero dei residenti nella zona contaminata significativamente inferiori rispetto a quella di riferimento ed una correlazione negativa fra T4 e livelli di PCDD/Fs e PCBs.

All'interno del dosaggio in 395 primipare di ormoni tiroidei e POPs, gli autori riportano alcune associazioni fra livelli di POP e livelli di TSH sia nelle madri che nei neonati, tuttavia queste associazioni non vengono confermate dopo aggiustamento per i principali fattori di confondimento. Rimane un significativo calo di T3 con l'aumento dei PCB meno clorurati nei bambini di 3 settimane e nelle madri esposte a PCDD/DF (Darnerud et al., 2010).

Anche Leijds et al. 2012 hanno studiato la coppia madre/bambino e l'associazione fra composti clorurati e ritardanti di fiamma nel periodo 1987-1991. Lo studio dimostra che solo i PCDD/Fs dosati alla nascita provocano una variazione del metabolismo degli ormoni tiroidei con aumento del T4 e stimolazione del TSH.

Bloom et al. 2009 hanno valutato la concentrazione di 77 congeneri di PCB su 38 pescatori di New York considerando le principali variabili confondenti ed hanno dimostrato una correlazione significativa fra PCB 153, 170, 171+156 e 180 con T4 ma non TSH.

PCB e alterazioni della riproduzione

Numerosi studi epidemiologici hanno valutato la relazione tra esposizione ambientale a PCB e indicatori della salute riproduttiva maschile, ovvero parametri di qualità dello sperma (concentrazione, motilità e morfologia), integrità del DNA degli spermatozoi (danni al DNA o frammentazione della cromatina), e livelli ormonali. Nonostante la vasta gamma di disegni di studio e di luoghi, di metodi di misura e livelli di esposizione a PCB, le segnalazioni di associazioni inverse tra livelli dei PCB e motilità degli spermatozoi non sono coerenti nel suggerire l'assenza di un'esposizione soglia per un effetto PCB-correlato sulla motilità.

Diversi studi hanno anche segnalato associazioni inverse tra livelli circolanti di PCB e testosterone nell'uomo, anche se non è stato completamente chiarito quale sia la forma specifica di testosterone (cioè totale, legato o libero) associata con l'esposizione (Meeker et al. 2010).

Grandjean et al. 2012 hanno valutato 438 maschi adolescenti in cui sono stati determinati i livelli di PCB e DDE alla nascita (cordone ombelicale) ed all'età di 14 anni. I risultati dimostrano che alti livelli di PCB prenatali sono associati a bassi livelli di LH e testosterone. Secondo gli autori, tali risultati suggeriscono un possibile ritardo nella pubertà con bassi livelli di LH associati a esposizione a PCB.

Goncharov et al. (2009) hanno trovato su 703 adulti che la concentrazione di testosterone nei maschi era inversamente correlata con la concentrazione di PCB totali. In particolare il livello di testosterone è inversamente correlato con le concentrazioni dei PCB 74, 99, 153 e 206, ma non di PCB 52, 105, 118, 138, 170, 180, 201, o 203. Il livello di testosterone nelle donne non è invece risultato correlato ai PCB.

Esposizione

L'esposizione ai POPs presenti nell'ambiente come contaminazione di fondo avviene principalmente con la dieta. Circa il 95% dell'introduzione giornaliera di diossine risulta da ingestione di cibi, in particolare prodotti alimentari di origine animale. Come per altri contaminanti ambientali, non è tuttavia facile dimostrare l'esistenza di un legame tra esposizione cronica ad uno specifico POP o gruppo di POPs a basse concentrazioni (quali, per esempio, quelle risultanti da trasporto transfrontaliero) e impatto sulla salute umana. L'esposizione durante le prime fasi dello sviluppo è però particolarmente critica. Grazie alla loro resistenza al metabolismo, alla capacità di passare attraverso le membrane biologiche e all'alta solubilità nei grassi, i POPs aggirano le difese biologiche costituite dalla placenta e dall'alimentazione con il latte materno e vengono trasferiti alla generazione successiva durante i periodi più critici dello sviluppo. Sono stati sviluppati diversi approcci per la valutazione del rischio associato all'esposizione a PCDD, PCDF e PCB.

Basandosi sull'esistenza di una dose soglia per gli effetti cancerogeni, la WHO ha fissato l'intake giornaliero tollerabile (TDI, *Tolerable Daily Intake*) a valori compresi tra 1-4 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo, con l'obiettivo di ridurre l'intake giornaliero a livelli intorno a 1 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo/giorno. Inoltre si è ritenuto opportuno esprimere l'intake tollerabile anche su base settimanale (TWI, *Tolerable Weekly Intake*), posto uguale a 7 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo/settimana.

Per una parte della popolazione europea, l'esposizione a PCDD/PCDF e PCB diossino-simili supera le dosi tollerabili giornaliere e settimanali.

L'EPA ha utilizzato invece un differente approccio per l'analisi di rischio per l'esposizione alle diossine, basato su stime probabilistiche non legate ad una dose soglia per l'insorgenza di effetti cancerogeni. Su queste basi il valore giornaliero accettabile (ADI, *Acceptable Daily Intake*) risulta essere di 0,006 pg I-TEQ/kg peso corporeo/giorno.

Nell'uomo l'assorbimento di diossine si può verificare per inalazione, ingestione o contatto dermico. Non sono disponibili dati quantitativi riguardanti l'assorbimento per via inalatoria o cutanea nell'uomo. Tuttavia, la presenza di livelli misurabili di diossine nel sangue di soggetti esposti professionalmente o accidentalmente suggerisce che l'assorbimento per via respiratoria si verifichi di fatto sia nell'animale che nell'uomo. A causa della tensione di vapore relativamente bassa e dell'elevata lipofilia, l'assorbimento cutaneo di 2,3,7,8-TCDD in ambiente di lavoro è considerato la via prevalente di esposizione occupazionale (Kerger et al. 2007).

Sulla base di studi sperimentali sull'animale (Diliberto et al., 1996), l'entità dell'assorbimento per inalazione sarebbe prevalente (95%) rispetto a quella misurata in seguito a somministrazione orale (88%) o cutanea (40%).

Vari studi hanno evidenziato che dopo ingestione di 2,3,7,8-TCDD veicolata in olio, la dose assorbita superava l'87%. Inoltre, numerosi studi hanno dimostrato che bambini allattati

al seno possono assorbire fino al 90-95% di diossine dal latte materno, e che congeneri con 7 e 8 atomi di cloro vengono assorbiti molto lentamente.

Sulla base delle analisi effettuate nel tessuto adiposo, nel latte e nel sangue sembra che nell'uomo si accumulino prevalentemente i congeneri 2,3,7,8-sostituiti.

La distribuzione delle diossine nell'uomo è stata studiata anche in reperti autopsici, che hanno confermato un accumulo epatico dopo esposizione a bassi livelli, come atteso sulla base della loro lipofilia (Leung et al. 1990).

Vie di esposizione

L'inalazione è considerata la via di esposizione a PCB predominante in ambito occupazionale (da ATDSR, Wolff 1985). Una dimostrazione di ciò viene da studi che hanno valutato l'associazione fra singoli congeneri in tessuti e fluidi biologici di lavoratori e livelli atmosferici nei vari ambienti lavorativi.

Wolff (1985) nei suoi studi stima che l'80% dei livelli misurati nel tessuto adiposo di lavoratori (settore condensatori) derivi dalla via inalatoria e solo il restante 20% dalla via orale o cutanea.

I livelli atmosferici dei PCB sono positivamente correlati alla media delle concentrazioni sieriche nei lavoratori (Fitzgerald et al. 1986).

Per la popolazione generale invece l'esposizione inalatoria non rappresenta la via principale di esposizione; gli studi che hanno misurato le concentrazioni atmosferiche nei dintorni di siti contaminati non hanno evidenziato livelli particolarmente elevati.

L'esposizione per via orale, ossia l'ingestione di alimenti contaminati è probabilmente la maggior via di esposizione per la popolazione generale. Inoltre, l'esposizione tramite ingestione di acque contaminate o suolo rappresenta una via di esposizione addizionale per le popolazioni residenti nelle vicinanze di siti contaminati.

2.10.3 Valutazione del Rischio

Di seguito i parametri di valutazione del rischio delle principali agenzie di riferimento.

Contaminante	RfC mg/m ³	fonte	SF Inal. (mg/kg-day) ⁻¹	fonte	IUR (µg/m ³) ⁻¹	fonte	RfD Inal. (mg/ kg-gior- no)	fonte
DIOSSINE 2,3,7,8 TCDD	4.00E-08	Banca dati ISS-INAIL EPA	1.33E+05	Banca dati ISS-INAIL EPA	3.80E+01	Banca dati ISS-INAIL EPA	1.14E-08	Banca dati ISS-INAIL EPA
			1.50E+05	US-EPA	3.30E+01	US-EPA		
			1.30E+05	OEHHA	3.80E+01	OEHHA		
PCB_{dl}	4.00E-07	Banca dati ISS-INAIL EPA	1.33E+04	Banca dati ISS-INAIL	3.80E+00	Banca dati ISS-INAIL EPA	1.14E-07	Banca dati ISS-INAIL
PCB Tot			3.50E-01	US-EPA	1.00E-04	US-EPA		
			2.00E+00	Banca dati ISS-INAIL EPA	5.7E-04	Banca dati ISS-INAIL EPA		
			2.00E+00	OEHHA	5.70E-04	OEHHA		

Nota: I parametri tossicologici rappresentativi dei PCB_{dl} sono relativi al PCB 126, il congenere con potenziale cancerogeno più elevato.

3.1 Applicazione dei metodi di *risk assessment* quantitativo

La valutazione del rischio consiste nel calcolare l'introito dovuto all'inalazione degli inquinanti presenti in aria, noti i parametri di esposizione dei recettori e la concentrazione degli inquinanti. La concentrazione C a cui i recettori sono esposti è la media delle concentrazioni medie annuali fornite da DIMI nel dominio considerato, mentre i fattori di esposizione considerati si riferiscono allo scenario residenziale (Figura 12).

La determinazione del rischio di tossicità cronica avviene confrontando l'introito medio giornaliero con una dose di riferimento (*Reference Dose*, RfD), funzione delle caratteristiche tossicologiche della sostanza inquinante; se l'indice di rischio $HI = CDI / RfD$ è inferiore ad 1, non è atteso alcun effetto dannoso per la salute.

Lo *Human Health Risk Assessment*, o valutazione del rischio sanitario, come sviluppata dalla National Academy of Science (NAS), è una procedura che, per convenzione, si articola in quattro fasi:

- Hazard Identification, identificazione del pericolo;
- Dose-Response Assessment, valutazione della relazione dose-risposta;
- Exposure Assessment, valutazione dell'esposizione;
- Risk Characterization, stima del rischio.

Dal punto di vista tossicologico, le informazioni e gli studi esistenti a livello internazionale hanno condotto, per diversi contaminanti, alla definizione, da parte di organismi internazionali (es. WHO, EFSA, SCF ecc.) di parametri di riferimento tossicologici, espressi come dosi tollerabili su base giornaliera o settimanale (es. ADI, TDI, TWI); talora, alla luce delle conoscenze al momento disponibili, la definizione di tali parametri può essere considerata provvisoria (es. *Provisional Tolerable Weekly Intake* PTWI).

Per quanto riguarda l'inalazione di composti volatili, si è passati da una valutazione dell'esposizione dose-correlata (mg/kg-giorno), dipendente da fattori connessi all'età (peso corporeo, tasso di inalazione), ad un approccio legato alla quantificazione dell'esposizione ad un contaminante in aria nell'unità di misura della concentrazione del contaminante stesso in aria (ad es. mg/m^3).

I parametri tossicologici $CSFi$ e $RfDi$, che già dal 1991 non sono più presenti nei database EPA (IRIS e NCEA) per il percorso inalatorio (USEPA, 2002), vengono sostituiti dall'*Inhalation Unit Risk* (IUR), espresso in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$, e dalla *Reference Concentration* ($RfC - \text{mg}/\text{m}^3$). Quest'ultimo parametro è definito come "stima dell'esposizione della popolazione umana (inclusi sottogruppi sensibili) ad un composto, per l'intero arco della vita, che si prevede sia priva di effetti dannosi" (USEPA, 2011), e risulta quindi valido anche per i sottogruppi maggiormente sensibili, come ad es. i bambini. Non sono dunque più previste variazioni nella stima del rischio in base all'età dei bersagli (tale considerazione è valida solo per il percorso inalatorio; sono presenti invece fattori di correzione correlati all'età dei bersagli per i percorsi diretti).

In Italia, le linee guida per l'applicazione dell'analisi di rischio elaborate da APAT (2008) secondo gli standard ASTM E-1739-95, PS-104-98 e 2081-00 (ASTM 1995, ASTM 1998, ASTM 2000), hanno mantenuto le equazioni del RAGS Part A (EPA) dove relativamente al

percorso di inalazione vapori, l'esposizione ad un contaminante è espressa in termini di mg/kg di dose giornaliera assunta, e la sua stima è calcolata in funzione della concentrazione del contaminante in aria (CA), del tasso di inalazione (IR), del peso corporeo (BW) e dello scenario di esposizione, prevedendo valori di IR e BW specifici in relazione all'età dei bersagli di riferimento.

Il rischio cancerogeno è quindi stimato moltiplicando tale valore di esposizione giornaliera per un *inhalation Cancer Slope Factor* (CSFi) specifico del contaminante, mentre l'indice di pericolo (*Hazard Quotient* – HQ) per gli effetti tossici non cancerogeni è stimato dividendo l'apporto giornaliero per un valore di *inhalation Reference Dose* (RfDi).

Al fine di renderle applicabili, la banca dati di riferimento per le proprietà tossicologiche dei contaminanti elaborata da ISS-ISPEL (Rev. 2009) ha reintrodotto lo *Slope Factor* per inalazione (*SF_{inal}* – equivalente al CSFi) e la *Reference Dose* inalatoria (RfDinal), derivandoli dai valori di IUR e RfC presenti nei database internazionali, mediante le formule:

$$RfD_{inal} = RfC * \left(\frac{IR}{BW} \right) = RfC * \left(\frac{20m^3/giorno}{70Kg} \right)$$

$$SF_{inal} = IUR * \left(\frac{BW}{IR} \right) =$$

$$= IUR * \left(\frac{70Kg}{20m^3/giorno} \right) \times 1000 \frac{\mu g}{m^3}$$

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)		Simbolo	Unità di Misura	Residenziale		Industria
				Adulto	Bambino	Adulto
Peso corporeo		BW	kg	70	15	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene		ATc	anni	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene		ATn	anni	ED	ED	ED
Durata di esposizione		ED	anni	24	6	25
Frequenza di esposizione		EF	giorni/anno	350	350	250
Frequenza giornaliera di esposizione		EFgi	ore/giorno	24	24	8
Tasso inalazione outdoor/indoor (*)	Attività fisica sedentaria	Bo/Bi	m³/ora	0,90	0,70	0,90
	Attività fisica moderata			1,50	1,00	1,50
	Attività fisica intensa			2,50	1,90	2,50

(*) I tassi di inalazione sono applicabili indistintamente per ambienti aperti e confinati

Figura 12: Fattori di rischio e scenario residenziale.

3.2 Rischio non cancerogeno

Attraverso la valutazione del rischio non cancerogeno si ottiene un HQ (Hazard Quotient) che rappresenta il Quoziente di Pericolo ed esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose di riferimento inalatoria.

HQ si ottiene moltiplicando la portata effettiva dell'esposizione (ADD) per la dose di riferimento inalatoria (Rfd o RfC).

Per il calcolo della portata effettiva dell'esposizione si utilizzano i fattori riportati nella figura 12.

Di seguito sono riportate le equazioni per il calcolo del rischio secondo la valutazione dell'esposizione ad un contaminante dose-correlata (mg/kg-giorno) (modello APAT) e in base alla quantificazione dell'esposizione ad un contaminante in aria nell'unità di misura della concentrazione del contaminante stesso in aria (ad es. mg/m³) (modello EPA).

$$HQ_{APAT} = \frac{CA(\frac{\mu g}{m^3}) * Bo(\frac{m^3}{h}) * ET(\frac{h}{d}) * EF(\frac{d}{y}) * ED(y)}{BW(kg) * AT(y) * 365(\frac{d}{y}) * RfD(\frac{mg}{kg \cdot d}) * 1000(\frac{\mu g}{mg})}$$

HQ: indice di pericolo;

CA: concentrazione del contaminante in aria (µg/m³);

ET: tempo di esposizione (ore/giorno);

EF: frequenza d'esposizione (giorni/anno);

ED: durata d'esposizione (anni);

AT: tempo sul quale l'esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 gg/anno);

Bo: tasso di inalazione (m³/ora).

$$HQ_{EPA} = \frac{CA(\frac{\mu g}{m^3}) * ET(\frac{h}{d}) * EF(\frac{d}{y}) * ED(y)}{AT(y * \frac{365d}{y} * \frac{24h}{d}) * RfC(\frac{mg}{m^3}) * 1000(\frac{\mu g}{mg})}$$

La differenza principale fra le due equazioni è l'espressione del tempo su cui l'esposizione è mediata (AT), che per APAT è in anni mentre per EPA è in ore. Inoltre APAT utilizza RfD (mg/Kg day) mentre EPA un RfC (mg/m³).

Le equazioni sopra riportate sono state ricavate attraverso la definizione quantitativa del rischio (R), espresso come prodotto dell'esposizione (E) ad un dato contaminante e del valore della tossicità dello stesso (T).

$$R = E \times T$$

La valutazione del fattore di esposizione (E) consiste nella stima della dose giornaliera (definita anche Introito o Intake o ADD Average Daily Dose, per le sostanze non cancerogene, o LADD (Lifetime Average Daily Dose, per le sostanze cancerogene) che può essere assunta dai recettori umani.

Nel caso di esposizione per inalazione ad esempio:

$$\text{Esposizione (ADD o LADD)} = C_{\text{aria}} \times EM, \text{ dove}$$

C_{aria} = concentrazione in aria del contaminante (mg/m^3)

EM = portata effettiva di esposizione ($\text{m}^3/\text{kg-giorno}$), ossia la quantità giornaliera di aria inalata per unità di peso corporeo, che può essere stimata mediante l'espressione di seguito riportata:

$$EM \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg} \times \text{giorno}} \right] = \frac{B_i \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$$

Nella valutazione del rischio sanitario la dose media giornaliera dovrebbe essere calcolata per ogni singolo percorso di esposizione (inalazione, ingestione, contatto dermico) e per i diversi recettori umani, bersagli della contaminazione (adulti, bambini, lavoratori).

Nel caso specifico, tuttavia, si è deciso di considerare la sola esposizione per via inalatoria, rimandando a casi specifici la possibilità di richiedere la stima dell'esposizione giornaliera attraverso altre vie di esposizione (orale, dermica). Quindi, per le sostanze non cancerogene, il rischio è calcolato attraverso la seguente formula

$$HQ = ADD / RfD_{\text{inal}}$$

3.3 Rischio cancerogeno

Il rischio per le sostanze cancerogene è calcolato attraverso la seguente formula:

$$R = LADD \times CSF$$

dove:

R = rischio o ELCR (Estimated Lifetime Cancer Risk), definito come la probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza cancerogena in studio;

LADD= *Lifetime Average Daily Dose*, espressa in mg/kg giorno;

CSF = *Cancer Slope Factor*: esprime il potere cancerogeno di una sostanza e indica la probabilità incrementale di sviluppare un tumore in un individuo esposto alla sostanza per tutta la vita. Il CSF indica la pendenza della curva dose-risposta, ossia il potenziale cancerogeno di una certa sostanza espressa in $[\text{mg/kg-giorno}]^{-1}$.

IUR: *inhalation Unit Risk* espressa in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$, vale a dire il rischio aggiuntivo di sviluppare un tumore in un tempo vita di 70 anni all'interno di una ipotetica popolazione di 1.000.000 di persone le quali abbiano tutte una Concentrazione di Esposizione (EC) costante di un $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alla sostanza cancerogena nell'aria che respirano.

Per quanto riguarda il rischio dovuto all'esposizione inalatoria, sono disponibili in letteratura anche dei coefficienti di rischio definiti *Inhalation Unit Risk* (UR o IUR), che possono essere applicati direttamente alle concentrazioni atmosferiche, per ricavare la stima di rischio:

$$R = C_{\text{aria}} \times UR$$

dove:

C = Concentrazione atmosferica del contaminante cui è esposta la popolazione, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

UR = unit risk inalatorio, definito come il rischio incrementale risultante dall'esposizione continuativa per tutta la vita ad una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, espresso in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$.

Si riporta la formula che pone in relazione lo *Slope Factor* al corrispondente *Unit Risk*:

$$SF_{\text{inal}} = IUR \left(\frac{70 \text{ kg}}{20 \text{ m}^3/\text{giorno}} \right) 1000 \frac{\mu\text{g}}{\text{mg}}$$

L'esposizione si ricava dalla medesima:

Esposizione (ADD o LADD) = Caria X EM

Occorre sottolineare altresì che, mentre per le sostanze non cancerogene la stima di EM viene effettuata assumendo il valore più conservativo tra l'esposizione dell'adulto e l'esposizione del bambino, per le sostanze cancerogene il calcolo di EM viene condotto attraverso la sommatoria dell'esposizione dei due recettori.

Quindi nel modello APAT si ha:

$$R = CA \times EM_{adj} \times SF$$

Dove EM_{adj} si ricava dalla seguente:

$$EM_{adj} = EM_{bambino} + EM_{adulto}$$

Ossia:

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{BiAd \times EF_g \times EF \times ED_{Ad}}{BW_{Ad} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}} + \frac{BiBam \times EF_g \times EF \times ED_{Bam}}{BW_{Bam} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

Mentre nel modello EPA:

$$R = CA \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) * IUR \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)^{-1} * \frac{EF \left(\frac{d}{y} \right) * ED(y)}{AT(y) * 365 \left(\frac{d}{y} \right)}$$

Considerando ED=30 cioè 24 anni adulto + 6 anni bambino.

Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio, che per le sostanze non cancerogene con soglia di effetto coincide con il non superamento del valore RfD_{inal} (HI < 1) mentre, per le sostanze cancerogene l'US-EPA, nella valutazione del rischio cumulativo, ipotizza un valore "de minimis" pari a 10⁻⁶, con interventi discrezionali nel range 10⁻⁴ -10⁻⁶ e un intervento pianificato in caso di rischio superiore a 10⁻⁴.

3.4 Fattori di calcolo nel risk assessment

Per i principali xenobiotici le varie Agenzie internazionali, sulla base delle evidenze scientifiche, hanno proposto i fattori per il calcolo della valutazione del rischio cancerogeno e non. In base ai diversi approcci si hanno fattori con differenze numeriche più o meno marcate.

I fattori sono riportati alla fine di ogni paragrafo monografico.

Per il PM e i suoi principali componenti non sono stati proposti fattori per la valutazione del rischio in quanto il più delle volte viene svolto un approccio di tipo epidemiologico.

Di seguito sono riportati i criteri con cui i fattori sono stati ricavati.

3.4.1 Rischio Tossicologico generale per PM₁₀, NO₂ e O₃

Il RfD (e relativo RfC) per PM₁₀ e NO₂ è stato ricavato dai valori limite per la qualità dell'aria imposti dalla normativa (DM 155/2010).

Per l'Ozono si è deciso di non procedere alla valutazione tossicologica sia a causa della natura secondaria ed altamente diffusiva di tale sostanza inquinante, che per l'impossibilità di applicare il medesimo criterio metodologico individuato per PM₁₀ e NO₂, ovvero la stima del coefficiente RfD sulla base del valore medio annuale di concentrazione in aria ambiente previsto dalla normativa vigente

	PM ₁₀	NO ₂	O ₃
RfD	1.12 10 ⁻²	1.12 10 ⁻²	*
RfC	0.040	0.040	*

2.4.2 Valutazione del rischio cancerogeno PM₁₀

Nell'ottobre 2013 la IARC ha classificato l'inquinamento atmosferico e le polveri sottili come cancerogeni per l'essere umano (Gruppo 1) rilevando sufficienti evidenze per un'associazione causale con il tumore polmonare.

Premesso quanto sopra, è stato implementato un algoritmo che, a partire dai dati epidemiologici disponibili, ha condotto alla determinazione dell'unità di rischio inalatorio (IUR) di contrarre un tumore al polmone per esposizione al particolato fine (PM_{2.5}) nella popolazione italiana.

Secondo l'approccio proposto dal WHO, l'unità di rischio (UR o IUR), basata su studi epidemiologici, viene calcolata in base alla formula seguente (WHO, 2000):

$$IUR = \frac{P_0 \times (RR - 1)}{X}$$

dove P₀ è il rischio cumulativo di background di sviluppare un tumore nel corso della vita (0-70 anni) nell'ambito della popolazione considerata, RR è il rischio relativo di tumore per esposizione alla sostanza cancerogena stimato da studi epidemiologici e X è l'esposizione media della popolazione per tutta la vita (ovvero riferita a 24h/giorno, 365 giorni/anno).

Questa procedura di conversione del RR in UR è tuttavia raramente applicata in letteratura, e la derivazione dell'UR per il PM₁₀ non segue le procedure standardizzate che da decenni caratterizzano il processo di derivazione dei coefficienti di rischio.

Per tale motivo si è deciso di non calcolare il rischio cancerogeno per i PM₁₀.

3.5 Valutazione del rischio tossicologico e cancerogeno POPs

Per la stima delle emissioni di diossine e furani sono stati presi in considerazione 17 congeneri (7 diossine e 10 furani) e per esprimere la concentrazione complessiva di tali diossine e furani è stata utilizzata la tossicità equivalente (indicata con fg I-TEQ/m³), ottenuta sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni. In, particolare per la valutazione delle concentrazioni in aria ambiente la tossicità equivalente è espressa secondo lo standard NATO/CCMS.

Analogamente, il valore di concentrazione dei 12 congeneri PCB denominati "PCB dioxin like" viene espressa in tossicità equivalente (usualmente indicata con fg WHO-TEQ/m³), secondo lo standard WHO del 2005.

Infine il valore di concentrazione dei PCB_{tot} viene espressa in fg/m³.

Per le procedure di valutazione del rischio sono stati utilizzati i fattori tossicologici sotto riportati (Fonte ISS-INAIL-EPA):

	RfC (mg/m ³)	SF Inal. (mg/kg-day)	IUR (µg/m ³)	RfD Inal. (mg/kg-day)
TCDD	4.00E-08	1.33E+05	3.80E+01	1.14E-08
PCB_{dl}	4.00E-07	1.33E+04	3.80E+00	1.14E-07
PCB Tot	7,00E-05	2.00E+00	5.7e-04	2,00E-05

I dati forniti dal DIMI per i diversi inquinanti poi elaborati secondo le equazioni sopra riportate sono inseriti nelle prime tre colonne delle tabelle dei risultati.

3.6 Metodologia statistico-epidemiologica

Utilizzando i comuni metodi della statistica descrittiva ed inferenziale (S. Bernstein, 2003; S.A. Glanz, 2005) al fine di operare confronti tra la situazione di Brescia rispetto al contesto nazionale, al bacino alpino-padano e alle altre province lombarde sono stati elaborati i dati ISTAT relativi ai tassi standardizzati e grezzi di mortalità e di dimissioni ospedaliere (Health for Hall software, 2017; Istat 2017), ognuno dei quali comprende determinati codici ICD (International Classification of Diseases) con revisione X per le mortalità e IX per le dimissioni, per i seguenti 4 gruppi di patologie:

1. Tumori maligni trachea, bronchi, polmoni - cod. ICD rev.10: C33-C34
2. Tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico - cod. ICD rev.10: C81-C9 (Morbo di Hodgkin, linfomi NH, leucemie, altri)
3. Malattie ischemiche del cuore – cod. ICD rev.10: I20-I25 (Angina pectoris, infarti, car-

diopatie ischemiche, altro)

4. Malattie polmonari cronico ostruttive – cod. ICD rev.10: J40-J47, J67 (bronchite, enfisema, asma, polmonite per polveri organiche, altro)

Per quanto riguarda i tumori maligni dei tessuti linfatico ed ematopoietico è presentato unicamente il tasso standardizzato di mortalità disponendo per le dimissioni unicamente di dati relativi alle malattie di sangue, organi ematopoietici, disturbi immunitari, inadeguatamente confrontabili col precedente.

I tassi standardizzati si differenziano da quelli cosiddetti “grezzi” tanto più divergono le età medie calcolate per fasce delle popolazioni a confronto, ovvero di riferimento. Entrambi i tassi vengono espressi “per” 10.000 abitanti.

Si è provveduto ad analizzare la composizione demografica della popolazione bresciana al fine di tenere adeguatamente conto di variabili di notevole influenza nel condizionamento dei tassi di mortalità e di ospedalizzazione.

Sono quindi stati esaminati i tassi grezzi di mortalità, per ciascun gruppo di patologie, operando la seguente suddivisione del territorio bresciano:

- suddivisione in cinque zone (Fig. 11 e 12) seguendo l’ipotesi di individuazione trasversale “Est-Ovest” di quattro zone oltre alla città di Brescia, parallele all’autostrada A4. Questa ipotesi si fonda sull’analisi dei livelli di PM10 come desumibile dalle pubblicazioni INEMAR (2012) e ARPA (2010) come da fig. 13 e 14. I tassi di mortalità “grezzi” sono espressi per 10.000 abitanti residenti. Per ciascuno gruppo di patologie i tassi sono stati confronti vs Provincia di Brescia, Regione Lombardia ed Italia;
- suddivisioni ad aree concentriche ad “anello” (fig. 15) ipotizzando un andamento decrescente dell’inquinamento ambientale dalla città di Brescia alla sua periferia

Figura 13: Suddivisione in 5 zone del territorio bresciano.

ZONA 2 Nord	ZONA 3 Centro-Nord	ZONA 4 Centro-Sud	ZONA 5 Sud
Agnosine	Adro	Azzano Mella	Acquafredda
Anfo	Bedizzole	Bagnolo Mella	Alfianello
Angolo Terme	Botticino	Berlingo	Barbariga
Artogne	Bovezzo	Borgosatollo	Bassano Bresciano
Bagolino	Caino	Brandico	Borgo San Giacomo
Barghe	Calcinato	Capriano del Colle	Calvisano
Berzo Demo	Calvagese della Riviera	Castel Mella	Carpenedolo
Berzo Inferiore	Capriolo	Castelcovati	Cigole
Bienno	Castegnato	Castenedolo	Comezzano-Cizzago
Bione	Cazzago San Martino	Castrezzato	Corzano
Borno	Cellatica	Chiari	Fiesse
Bovegno	Coccaglio	Dello	Gambara
Braone	Collebeato	Flero	Gottolengo
Breno	Cologne	Ghedì	Isorella
Brione	Concesio	Lograto	Leno
Capo di Ponte	Desenzano del Garda	Longhena	Manerbio
Capovalle	Erbusco	Macclodio	Milzano
Casto	Gavardo	Mairano	Offlaga
Cedegolo	Gussago	Montichiari	Orzinuovi
Cerveno	Lonato del Garda	Montirone	Orzivecchi
Ceto	Manerba del Garda	Poncarale	Pavone del Mella
Cevo	Mazzano	Pontoglio	Pompiano
Cimbergo	Moniga del Garda	Rudiano	Pontevico
Civate Camuno	Muscoline	San Zeno Naviglio	Pralboino
Collio	Nave	Torbole Casaglia	Quinzano d'Oglio
Corte Franca	Nuvolento	Travagliato	Remedello
Corteno Golgi	Nuvolera	Trenzano	Roccafranca
Darfo Boario Terme	Ospitaletto	Urago d'Oglio	San Gervasio Bresciano
Edolo	Padenghe sul Garda		San Paolo
Esine	Paderno Franciacorta		Seniga
Gardone Riviera	Paitone		Verolanuova
Gardone Val Trompia	Palazzolo sull'Oglio		Verolavecchia
Gargnano	Passirano		Villachiera
Gianico	Polpenazze del Garda		Visano

ZONA 2 Nord	ZONA 3 Centro-Nord	ZONA 4 Centro-Sud	ZONA 5 Sud
Idro	Pozzolengo		
Incudine	Prevalle		
Irma	Puegnago sul Garda		
Iseo	Rezzato		
Lavenone	Rodengo Saiano		
Limone sul Garda	Roè Volciano		
Lodrino	Roncadelle		
Losine	Rovato		
Lozio	Salò		
Lumezzane	San Felice del Benaco		
Magasa	Serle		
Malegno	Sirmione		
Malonno	Soiano del Lago		
Marcheno	Vallio Terme		
Marmentino	Villanuova sul Clisi		
Marone			
Monno			
Monte Isola			
Monticelli Brusati			
Mura			
Niardo			
Odolo			
Ome			
Ono San Pietro			
Ossimo			
Paisco Lovenò			
Paratico			
Paspardo			
Pertica Alta			
Pertica Bassa			
Pezzaze			
Pian Camuno			
Piancogno			
Pisogne			
Polaveno			
Ponte di Legno			

ZONA 2 Nord	ZONA 3 Centro-Nord	ZONA 4 Centro-Sud	ZONA 5 Sud
Preseglie			
Prestine			
Provaglio d'Iseo			
Provaglio Val Sabbia			
Sabbio Chiese			
Sale Marasino			
Sarezzo			
Saviore dell'Adamello			
Sellero			
Sonico			
Sulzano			
Tavernole sul Mella			
Temù			
Tignale			
Toscolano- Maderno			
Tremosine			
Treviso Bresciano			
Valvestino			
Vestone			
Veza d'Oglio			
Villa Carcina			
Vione			
Vobarno			
Zone			

5 zone

- Brescia Città
- Zona 2 Nord
- Zona 3 Centro-Nord
- Zona 4 Centro-Sud
- Zona 5 Sud

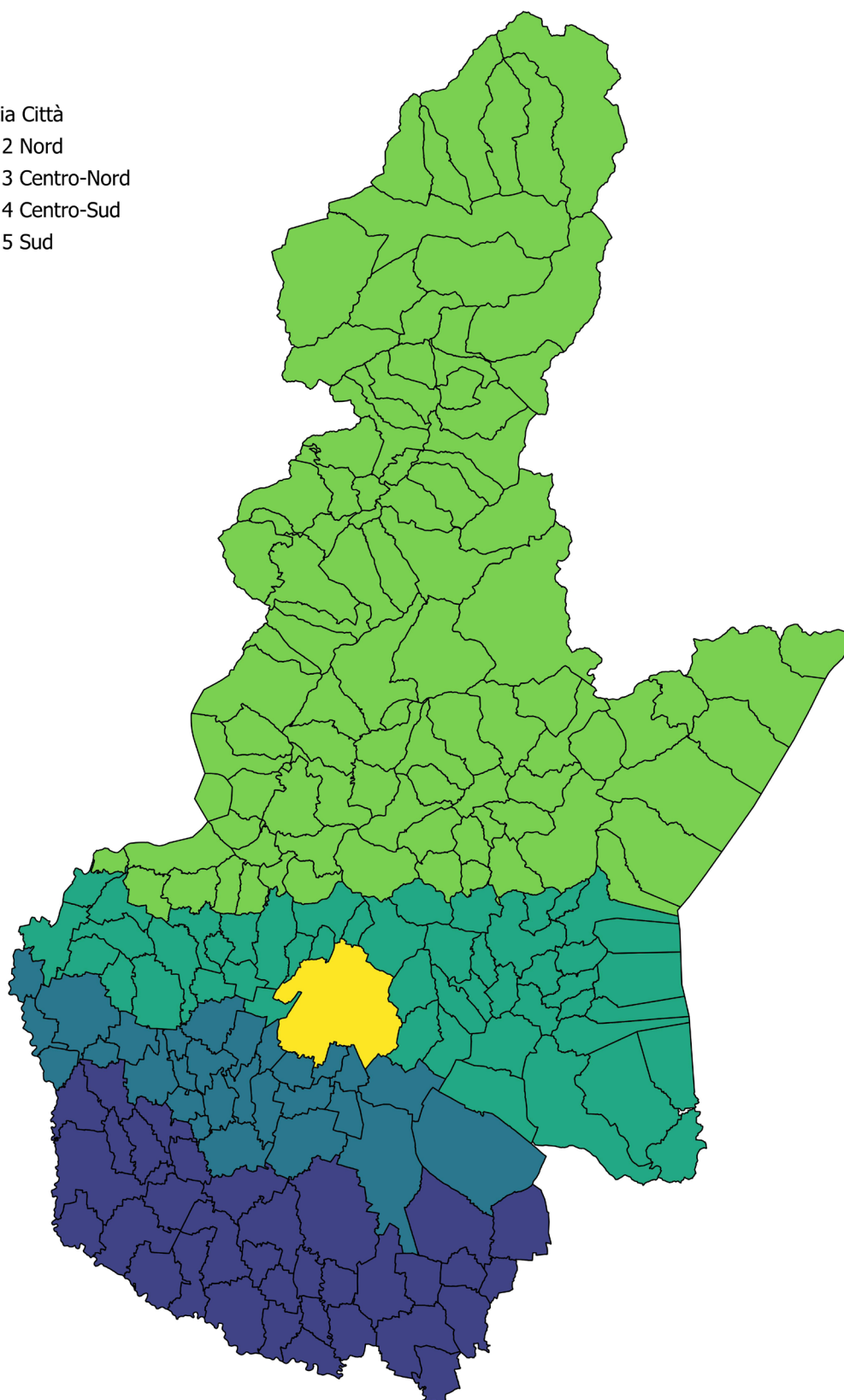


Figura 14: Suddivisione in 5 zone del territorio bresciano.

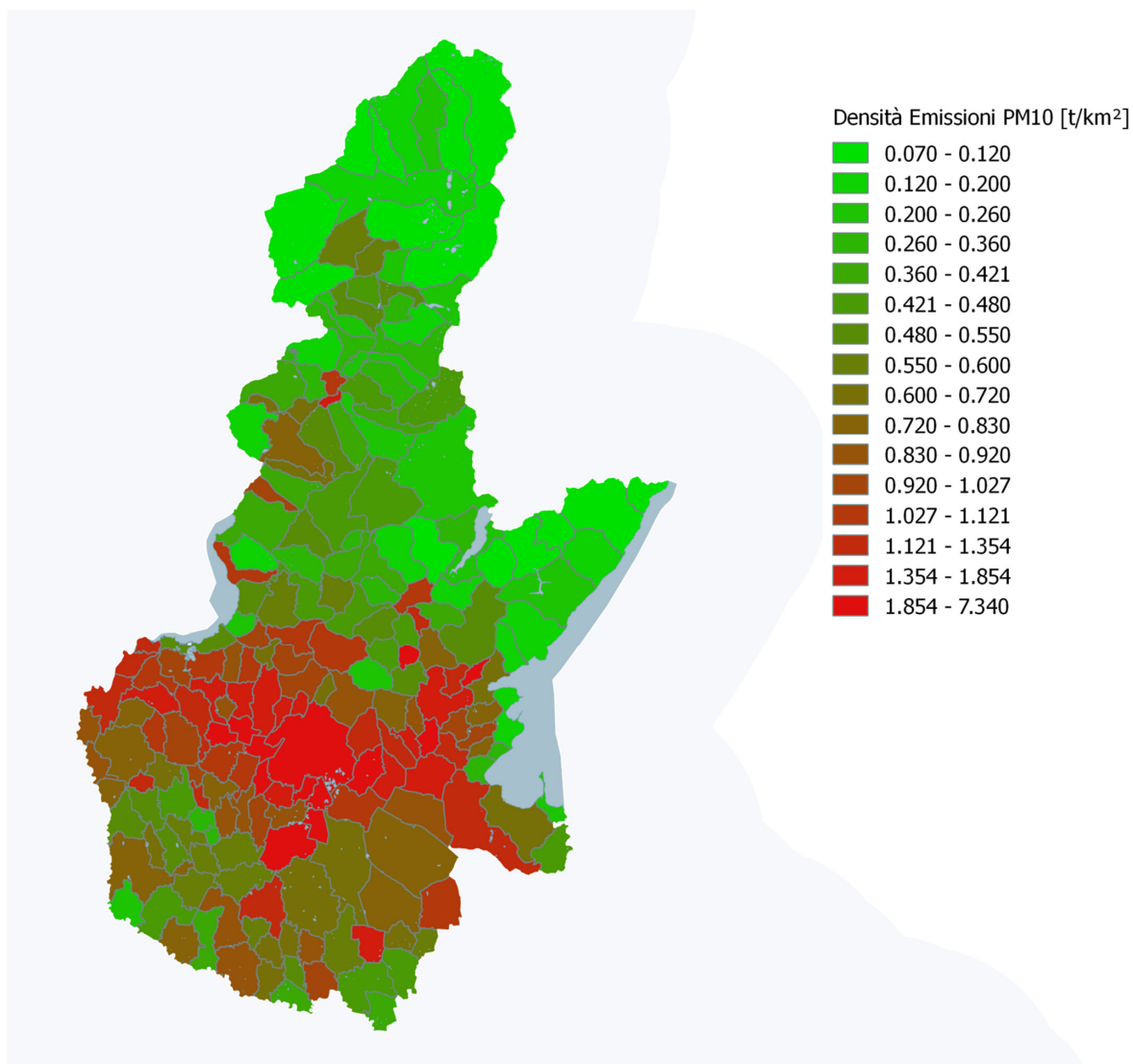


Figura 15: Densità emissione PM10 (Fonte Dati INEMAR 2012).

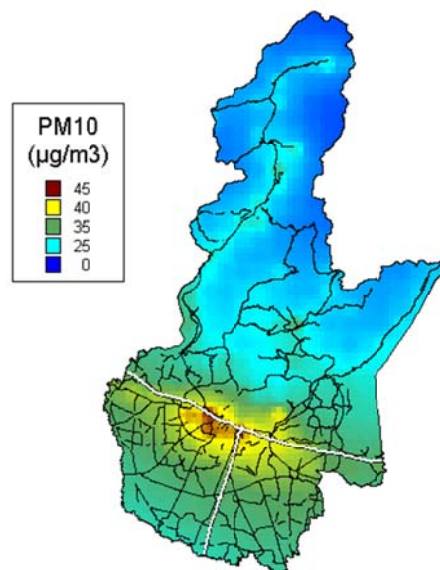
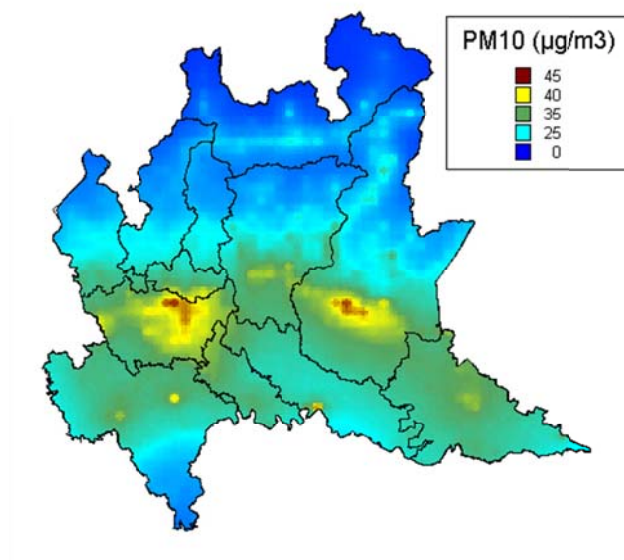


Figura 16: Distribuzione spaziale delle medie annuali di PM10 sul territorio lombardo e della provincia bresciana (Fonte Dati ARPA Lombardia 2010).

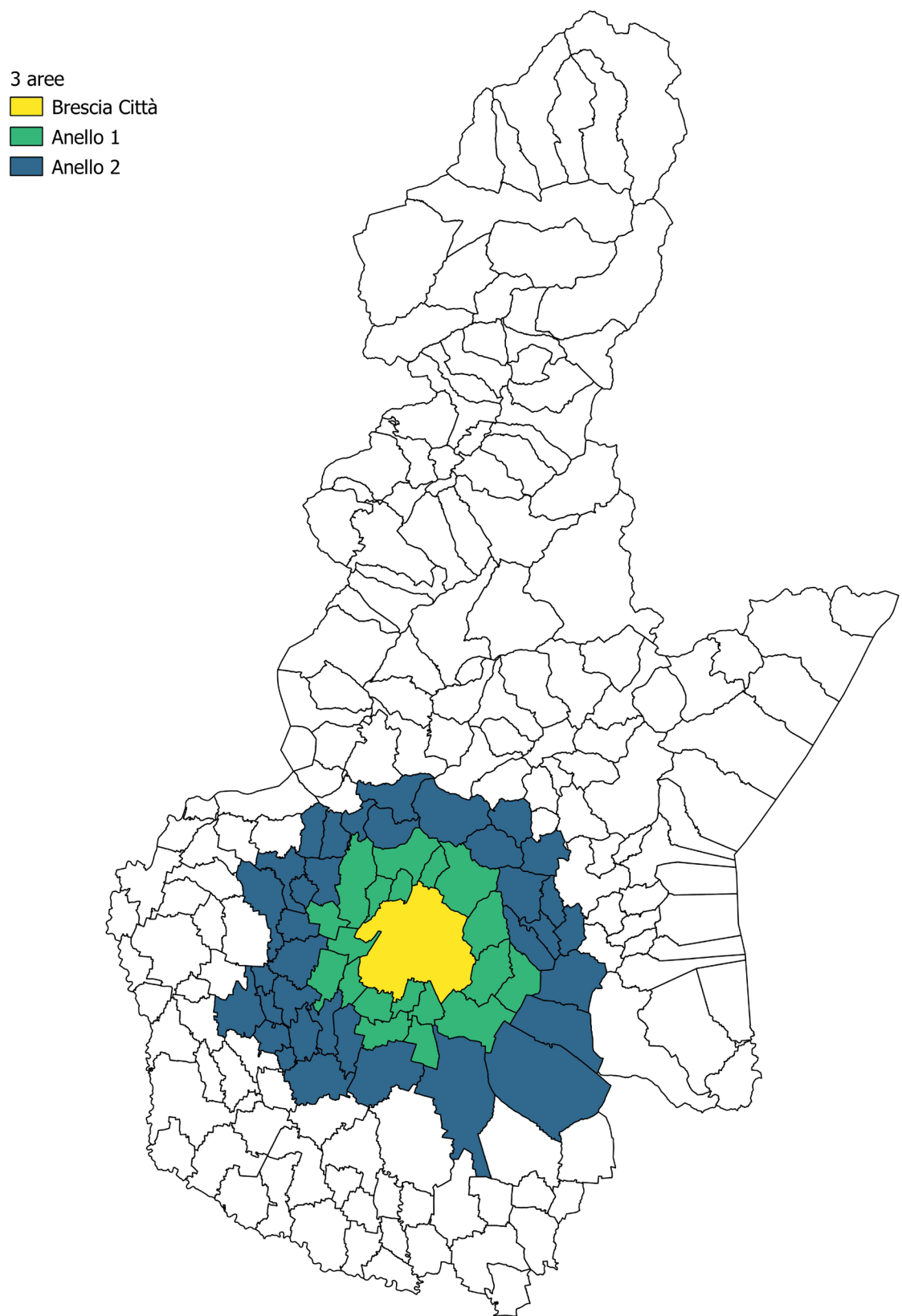


Figura 17: suddivisione ad aree concentriche "ad anello".

Per l'interpretazione di un fenomeno complesso come quello relativo agli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico si è tenuto conto dell'informazione relativa alla densità di popolazione nelle diverse aree della provincia bresciana essendo tale dato correlabile sia al fattore residenzialità che al possesso e utilizzo di mezzi di trasporto.

I dati sono stati elaborati tenendo conto dei fattori demografici (genere ed età) delle popolazioni esaminate. Sono stati inoltre calcolati alcuni indici sintetici quali la speranza di vita, la speranza di vita in buona salute, l'indice di invecchiamento e la densità di popolazione limitatamente ai comuni della provincia di Brescia. Per speranza di vita si intende il numero medio di anni che ogni neonato ha la probabilità di vivere. Per speranza di vita in buona salute si intende il calcolo della proporzione di persone che dichiarano di sentirsi "bene o molto bene". Per indice di invecchiamento si intende il rapporto che vede al numeratore la fascia di popolazione con più di 65 anni ed al denominatore la fascia d'età fino a 14 anni; il risultato frazionario viene moltiplicato per 100. Per densità di popolazione si intende il rapporto tra il numero di residenti in un determinato comune e l'area di estensione del comune stesso.

I dati sono stati confrontati con quelli disponibili dalle indagini dell'ATS Brescia (2010, 2013, 2015).

4.1 Risultati del risk assessment quantitativo

Nella tabella 1 sono riportati i dati della previsione di rischio tossico non cancerogeno, calcolati con metodo EPA ed APAT, rispettivamente sulle medie annuali di PM₁₀ e NO₂. Nella tabella 2 sono riportati i dati della previsione di rischio tossico non cancerogeno, calcolati con metodo EPA ed APAT, per POPs (PCB_{tot}, PCB_{dI}, PCDD/F) e la distribuzione degli HQ. Nella tabella 3 sono riportati i dati per il rischio cancerogeno per POPs (PCB_{tot}, PCB_{dI}, PCDD/F), suddivisi nei comuni della provincia di Brescia.

Tabella 1: Risultati della valutazione del rischio tossico non cancerogeno (PM₁₀ e NO₂)
(Elaborazioni eseguite sulle concentrazioni medie annue fornite da DIMI)

Comune	Concentrazioni Medie Annue		APAT		EPA	
	NO ₂	PM10	HQ NO ₂	HQ PM10	HQ NO ₂	HQ PM10
	(µg/m ³)	(µg/m ³)				
Acquafredda	20,29	30,24	0,546	0,814	0,486	0,725
Adro	23,64	26,90	0,636	0,724	0,567	0,645
Agnosine	24,76	36,13	0,666	0,972	0,594	0,866
Alfianello	31,17	35,36	0,838	0,951	0,747	0,848
Anfo	11,51	14,49	0,310	0,390	0,276	0,347
Angolo Terme	26,77	32,79	0,720	0,882	0,642	0,786
Artogne	26,24	32,98	0,706	0,887	0,629	0,791
Azzano	33,20	36,19	0,893	0,973	0,796	0,868
Bagnolo mella	32,15	36,85	0,865	0,991	0,771	0,883
Bagolino	10,11	10,05	0,272	0,270	0,242	0,241
Barbariga	27,79	32,84	0,748	0,883	0,666	0,787
Barghe	19,69	30,35	0,530	0,816	0,472	0,728
Bassano Bresciano	28,55	32,91	0,768	0,885	0,684	0,789
Bedizzole	18,74	35,31	0,504	0,950	0,449	0,846
Berlingo	28,56	33,77	0,768	0,908	0,685	0,810
Berzo Demo	9,40	7,03	0,253	0,189	0,225	0,169
Berzo Inferiore	24,28	23,57	0,653	0,634	0,582	0,565
Bienno	20,23	17,54	0,544	0,472	0,485	0,420
Bione	20,71	33,29	0,557	0,896	0,497	0,798
Borgo San Giacomo	26,97	32,65	0,726	0,878	0,647	0,783
Borgosatollo	40,06	42,21	1,077	1,135	0,960	1,012
Borno	24,00	25,83	0,646	0,695	0,575	0,619
Botticino	36,80	41,22	0,990	1,109	0,882	0,988
Bovegno	18,19	26,08	0,489	0,701	0,436	0,625
Bovezzo	43,90	39,49	1,181	1,062	1,052	0,947
Brandico	28,12	33,40	0,756	0,898	0,674	0,801
Braone	17,18	8,74	0,462	0,235	0,412	0,210
Breno	16,42	10,27	0,442	0,276	0,394	0,246
Brescia	47,91	43,82	1,289	1,179	1,149	1,051
Brione	36,22	36,09	0,974	0,971	0,868	0,865
Caino	33,48	37,57	0,900	1,011	0,802	0,901
Calcinato	20,85	37,58	0,561	1,011	0,500	0,901
Calvagese della riviera	18,66	30,43	0,502	0,818	0,447	0,729
Calvisano	20,15	31,00	0,542	0,834	0,483	0,743
Capo di Ponte	18,19	10,25	0,489	0,276	0,436	0,246
Capovalle	8,73	15,26	0,235	0,411	0,209	0,366
Capriano del colle	35,28	37,51	0,949	1,009	0,846	0,899
Capriolo	23,07	26,04	0,621	0,701	0,553	0,624
Carpenedolo	18,82	29,71	0,506	0,799	0,451	0,712
Castegnato	40,79	39,07	1,097	1,051	0,978	0,937
Castel Mella	24,59	41,40	0,662	1,114	0,590	0,992
Castelcovati	41,24	31,21	1,109	0,840	0,989	0,748
Castenedolo	30,86	42,22	0,830	1,136	0,740	1,012
Casto	21,38	33,82	0,575	0,910	0,513	0,811
Castrezzato	25,94	32,21	0,698	0,866	0,622	0,772

Comune	Concentrazioni Medie Annue		APAT		EPA	
	NO ₂	PM10	HQ NO ₂	HQ PM10	HQ NO ₂	HQ PM10
	(µg/m ³)	(µg/m ³)				
Cazzago san martino	30,73	33,03	0,827	0,888	0,737	0,792
Cedegolo	9,91	6,38	0,267	0,172	0,238	0,153
Cellatica	47,95	40,54	1,290	1,090	1,149	0,972
Cerveno	20,76	12,72	0,558	0,342	0,498	0,305
Ceto	14,99	7,60	0,403	0,205	0,359	0,182
Cevo	7,23	5,27	0,195	0,142	0,173	0,126
Chiari	25,87	30,84	0,696	0,829	0,620	0,739
Cigole	27,40	32,76	0,737	0,881	0,657	0,785
Cimbergo	12,68	6,38	0,341	0,172	0,304	0,153
Civitate Camuno	28,70	25,28	0,772	0,680	0,688	0,606
Coccaglio	24,88	30,48	0,669	0,820	0,596	0,731
Collebeato	49,12	41,14	1,321	1,107	1,178	0,986
Collio	12,57	17,66	0,338	0,475	0,301	0,423
Cologne	24,39	28,75	0,656	0,773	0,585	0,689
Comezzano Cizzago	24,67	31,58	0,664	0,849	0,591	0,757
Concesio	44,18	39,84	1,188	1,072	1,059	0,955
Corte Franca	26,02	27,66	0,700	0,744	0,624	0,663
Corteno Golgi	4,70	4,99	0,126	0,134	0,113	0,120
Corzano	27,67	32,82	0,744	0,883	0,663	0,787
Darfo Boario terme	27,27	34,16	0,733	0,919	0,654	0,819
Dello	30,93	34,15	0,832	0,919	0,742	0,819
Desenzano del garda	22,14	27,81	0,596	0,748	0,531	0,667
Edolo	1,08	6,03	0,029	0,162	0,026	0,145
Erbusco	26,16	28,97	0,704	0,779	0,627	0,694
Esine	25,11	28,10	0,675	0,756	0,602	0,674
Fiesse	25,59	33,33	0,688	0,896	0,613	0,799
Flero	39,67	40,39	1,067	1,086	0,951	0,968
Gambara	22,97	32,60	0,618	0,877	0,551	0,781
Gardone Riviera	12,88	23,36	0,347	0,628	0,309	0,560
Gardone Val trompia	25,04	30,36	0,674	0,817	0,600	0,728
Gargnano	9,16	14,96	0,246	0,403	0,220	0,359
Gavardo	18,38	31,17	0,494	0,838	0,441	0,747
Ghedi	24,67	35,50	0,664	0,955	0,591	0,851
Gianico	26,10	32,21	0,702	0,867	0,626	0,772
Gottolengo	22,65	31,69	0,609	0,853	0,543	0,760
Gussago	43,07	38,48	1,158	1,035	1,032	0,922
Idro	11,14	16,15	0,300	0,434	0,267	0,387
Incudine	8,10	7,86	0,218	0,211	0,194	0,188
Irma	14,50	26,48	0,390	0,712	0,348	0,635
Iseo	30,71	28,35	0,826	0,762	0,736	0,680
Isorella	19,71	30,89	0,530	0,831	0,472	0,741
Lavenone	9,40	17,10	0,253	0,460	0,225	0,410
Leno	26,67	32,73	0,717	0,880	0,639	0,785
Limone Garda	5,30	10,33	0,143	0,278	0,127	0,248
Lodrino	18,83	31,75	0,506	0,854	0,451	0,761

Comune	Concentrazioni Medie Annue		APAT		EPA	
	NO ₂	PM10	HQ NO ₂	HQ PM10	HQ NO ₂	HQ PM10
	(µg/m ³)	(µg/m ³)				
Lograto	31,67	35,64	0,852	0,959	0,759	0,854
Lonato del Garda	20,48	28,33	0,551	0,762	0,491	0,679
Longhena	29,30	33,08	0,788	0,890	0,702	0,793
Losine	24,49	16,41	0,659	0,441	0,587	0,393
Lozio	20,53	15,66	0,552	0,421	0,492	0,375
Lumezzane	29,01	37,29	0,780	1,003	0,695	0,894
Macclodio	28,00	33,83	0,753	0,910	0,671	0,811
Magasa	5,45	10,73	0,147	0,289	0,131	0,257
Mairano	31,47	35,50	0,847	0,955	0,755	0,851
Malegno	28,95	23,43	0,779	0,630	0,694	0,562
Malonno	9,77	7,12	0,263	0,191	0,234	0,171
Manerba del Garda	18,83	26,77	0,506	0,720	0,451	0,642
Manerbio	28,78	32,54	0,774	0,875	0,690	0,780
Marcheno	24,54	32,75	0,660	0,881	0,588	0,785
Marmentino	14,56	26,90	0,392	0,724	0,349	0,645
Marone	32,04	27,66	0,862	0,744	0,768	0,663
Mazzano	25,99	48,18	0,699	1,296	0,623	1,155
Milzano	34,27	35,19	0,922	0,947	0,822	0,844
Moniga del Garda	20,90	26,88	0,562	0,723	0,501	0,645
Monno	9,90	9,71	0,266	0,261	0,237	0,233
Monte Isola	33,00	29,54	0,888	0,795	0,791	0,708
Monticelli Brusati	33,00	31,96	0,888	0,860	0,791	0,766
Montichiari	20,04	35,02	0,539	0,942	0,480	0,839
Montirone	34,72	39,50	0,934	1,062	0,832	0,947
Mura	14,71	28,53	0,396	0,767	0,353	0,684
Muscoline	17,52	29,60	0,471	0,796	0,420	0,710
Nave	41,19	38,55	1,108	1,037	0,988	0,924
Niardo	20,76	11,72	0,558	0,315	0,498	0,281
Nuvolento	22,86	36,66	0,615	0,986	0,548	0,879
Nuvolera	26,14	40,71	0,703	1,095	0,627	0,976
Odolo	23,50	35,34	0,632	0,951	0,563	0,847
Offlaga	30,28	33,16	0,814	0,892	0,726	0,795
Ome	35,49	34,30	0,955	0,923	0,851	0,822
Ono San Pietro	18,59	10,82	0,500	0,291	0,446	0,259
Orzinuovi	25,48	31,82	0,685	0,856	0,611	0,763
Orzivecchi	24,96	31,78	0,671	0,855	0,598	0,762
Ospitaletto	35,87	36,94	0,965	0,994	0,860	0,885
Ossimo	24,47	22,89	0,658	0,616	0,587	0,549
Padenghe sul Garda	19,76	27,32	0,532	0,735	0,474	0,655
Paderno Franciacorta	35,00	34,87	0,941	0,938	0,839	0,836
Paisco Loveno	11,22	7,94	0,302	0,214	0,269	0,190
Paitone	22,79	32,62	0,613	0,877	0,546	0,782
Palazzolo sull'oglio	26,17	29,26	0,704	0,787	0,627	0,701
Paratico	23,41	23,71	0,630	0,638	0,561	0,568
Paspardo	13,49	7,23	0,363	0,195	0,323	0,173

Comune	Concentrazioni Medie Annue		APAT		EPA	
	NO ₂	PM10	HQ NO ₂	HQ PM10	HQ NO ₂	HQ PM10
	(µg/m ³)	(µg/m ³)				
Passirano	32,69	33,10	0,879	0,890	0,784	0,793
Pavone del Mella	25,40	32,26	0,683	0,868	0,609	0,773
Pertica Alta	13,37	24,88	0,360	0,669	0,321	0,596
Pertica Bassa	10,88	20,68	0,293	0,556	0,261	0,496
Pezzaze	20,97	29,69	0,564	0,799	0,503	0,712
Pian Camuno	30,84	34,91	0,830	0,939	0,739	0,837
Piancogno	26,32	30,12	0,708	0,810	0,631	0,722
Pisogne	30,02	30,79	0,808	0,828	0,720	0,738
Polaveno	32,66	33,79	0,879	0,909	0,783	0,810
Polpenazze del Garda	16,92	28,07	0,455	0,755	0,406	0,673
Pompiano	25,90	32,24	0,697	0,867	0,621	0,773
Poncarale	36,75	39,20	0,989	1,054	0,881	0,940
Ponte di Legno	6,10	5,62	0,164	0,151	0,146	0,135
Pontevico	34,29	37,55	0,922	1,010	0,822	0,900
Pontoglio	28,43	29,69	0,765	0,799	0,682	0,712
Pozzolengo	21,67	26,81	0,583	0,721	0,520	0,643
Pralboino	29,54	34,46	0,795	0,927	0,708	0,826
Preseglie	20,69	33,18	0,557	0,893	0,496	0,795
Prestine	18,42	13,34	0,496	0,359	0,442	0,320
Prevalle	20,40	32,61	0,549	0,877	0,489	0,782
Provaglio d'Iseo	30,02	29,82	0,808	0,802	0,720	0,715
Provaglio Val Sabbia	14,40	26,36	0,387	0,709	0,345	0,632
Puegnago sul Garda	16,58	28,50	0,446	0,767	0,397	0,683
Quinzano d'Oglio	28,18	33,86	0,758	0,911	0,675	0,812
Remedello	19,30	30,83	0,519	0,829	0,463	0,739
Rezzato	33,10	49,55	0,890	1,333	0,794	1,188
Roccafranca	14,26	31,75	0,384	0,854	0,342	0,761
Rodengo Saiano	26,04	35,50	0,700	0,955	0,624	0,851
Roè Volciano	37,45	28,33	1,007	0,762	0,898	0,679
Roncadelle	46,74	43,77	1,257	1,177	1,120	1,049
Rovato	27,79	32,52	0,747	0,875	0,666	0,780
Rudiano	25,85	30,83	0,695	0,829	0,620	0,739
Sabbio Chiese	16,93	31,38	0,455	0,844	0,406	0,752
Sale Marasino	15,80	28,97	0,425	0,779	0,379	0,695
Salò	28,19	26,86	0,758	0,723	0,676	0,644
San Felice del Benaco	17,22	26,66	0,463	0,717	0,413	0,639
San Gervasio bresciano	29,07	33,88	0,782	0,911	0,697	0,812
San Paolo	25,73	32,00	0,692	0,861	0,617	0,767
San Zeno Naviglio	42,63	42,28	1,147	1,137	1,022	1,014
Sarezzo	30,55	35,33	0,822	0,950	0,732	0,847
Saviore dell'Adamello	3,74	3,81	0,101	0,102	0,090	0,091
Sellero	14,49	8,95	0,390	0,241	0,347	0,215
Seniga	30,89	34,67	0,831	0,933	0,741	0,831
Serle	27,70	33,97	0,745	0,914	0,664	0,814
Sirmione	21,91	27,03	0,589	0,727	0,525	0,648

Comune	Concentrazioni Medie Annue		APAT		EPA	
	NO ₂	PM10	HQ	HQ	HQ	HQ
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Soiano del Lago	18,98	27,93	0,511	0,751	0,455	0,670
Sonico	3,81	3,16	0,102	0,085	0,091	0,076
Sulzano	30,67	30,59	0,825	0,823	0,735	0,733
Tavernole sul Mella	21,64	30,24	0,582	0,813	0,519	0,725
Temù	4,90	5,63	0,132	0,151	0,117	0,135
Tignale	2,86	5,37	0,077	0,144	0,069	0,129
Torbole casaglia	39,42	40,81	1,060	1,098	0,945	0,978
Toscolano-Maderno	14,26	22,06	0,384	0,593	0,342	0,529
Travagliato	36,90	38,11	0,993	1,025	0,885	0,914
Tremosine	2,63	4,95	0,071	0,133	0,063	0,119
Trenzano	25,98	32,48	0,699	0,874	0,623	0,779
Treviso Bresciano	10,97	21,39	0,295	0,575	0,263	0,513
Urago d'Oglio	26,46	30,24	0,712	0,813	0,634	0,725
Vallio Terme	26,43	35,69	0,711	0,960	0,634	0,856
Valvestino	6,56	12,24	0,176	0,329	0,157	0,293
Verolanuova	28,61	32,93	0,770	0,886	0,686	0,789
Verolavecchia	30,86	35,35	0,830	0,951	0,740	0,847
Vestone	14,95	25,77	0,402	0,693	0,358	0,618
Veza Oglio	8,10	8,33	0,218	0,224	0,194	0,200
Villa Carcina	38,85	38,50	1,045	1,036	0,931	0,923
Villachiera	26,61	32,59	0,716	0,877	0,638	0,781
Villanuova sul clisi	15,79	30,00	0,425	0,807	0,379	0,719
Vione	7,91	6,60	0,213	0,178	0,190	0,158
Visano	19,70	30,46	0,530	0,819	0,472	0,730
Vobarno	10,28	21,99	0,277	0,591	0,246	0,527
Zone	29,69	27,47	0,799	0,739	0,712	0,659

I dati riportati nella Tabella 1 sono stati inoltre rappresentati nelle figure di seguito riportate attribuendo ai diversi valori di HQ diverse colorazioni (Figg. 18-21).

Indice Rischio NO₂ (APAT)

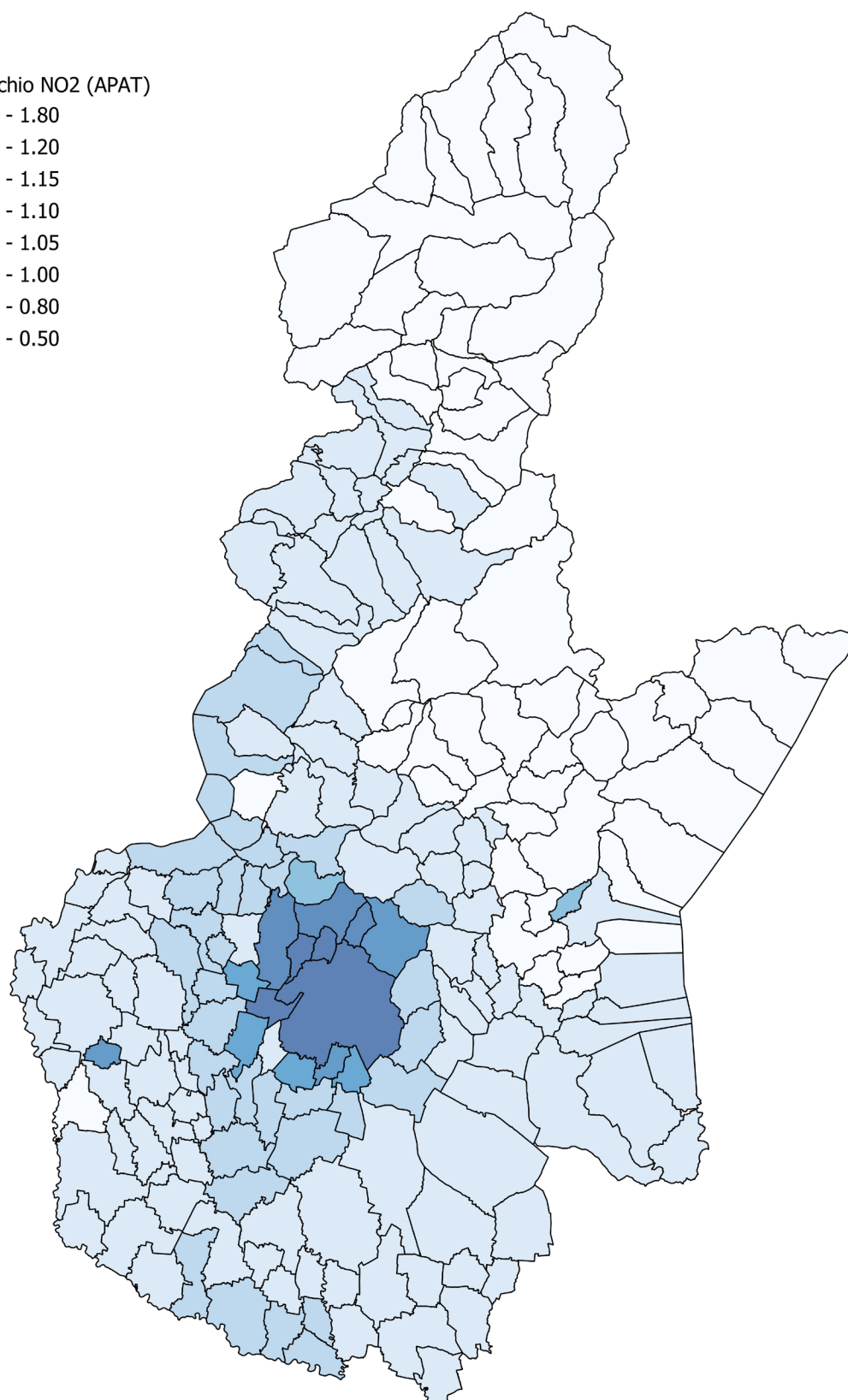
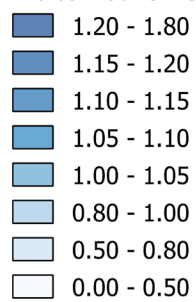


Figura 18: Distribuzione degli HQ per NO₂ nella provincia di Brescia (equazione APAT).

Indice Rischio NO₂ (EPA)

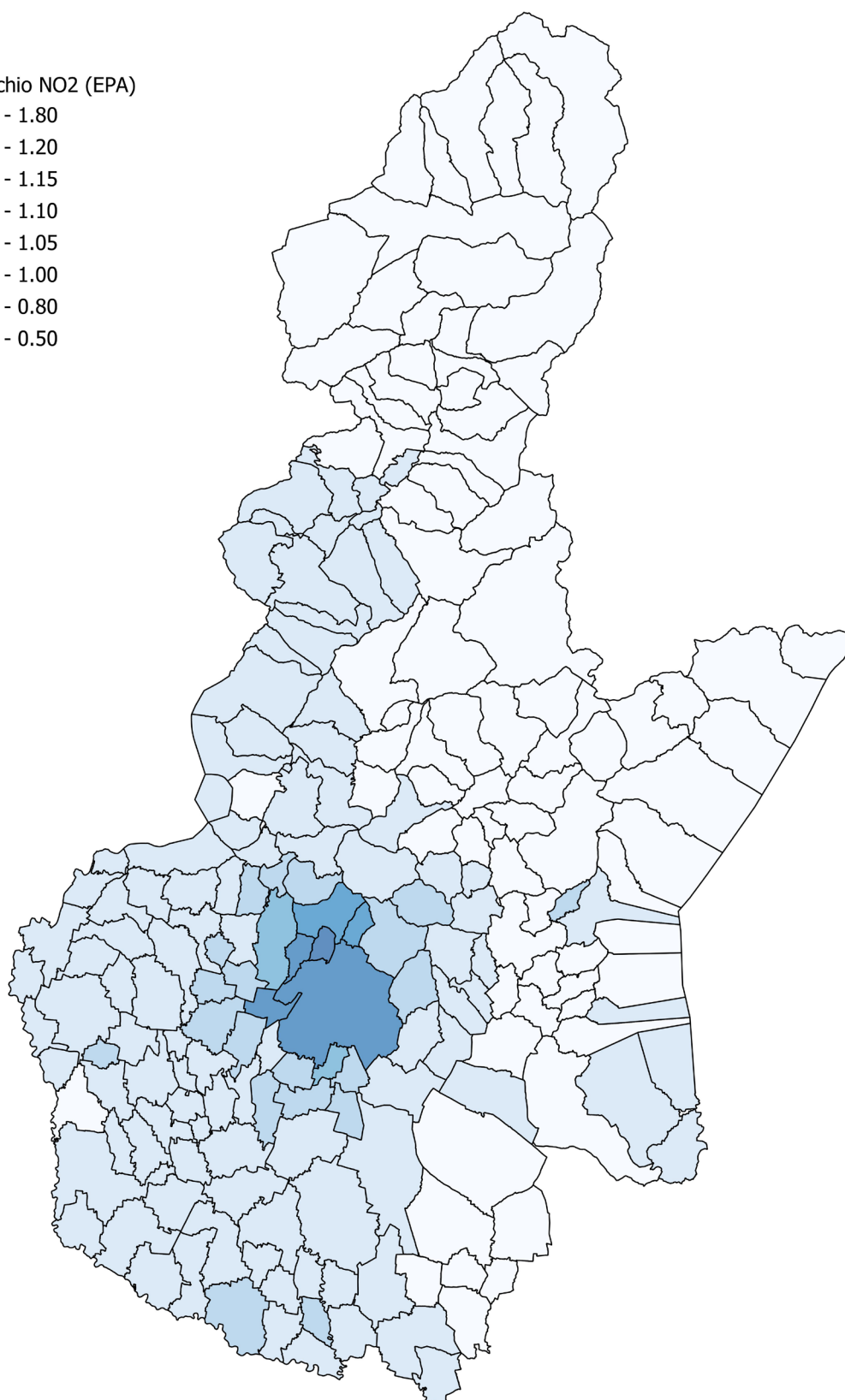
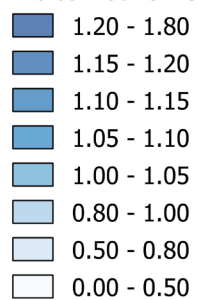


Figura 19: Distribuzione degli HQ per NO₂ nella provincia di Brescia (equazione EPA).

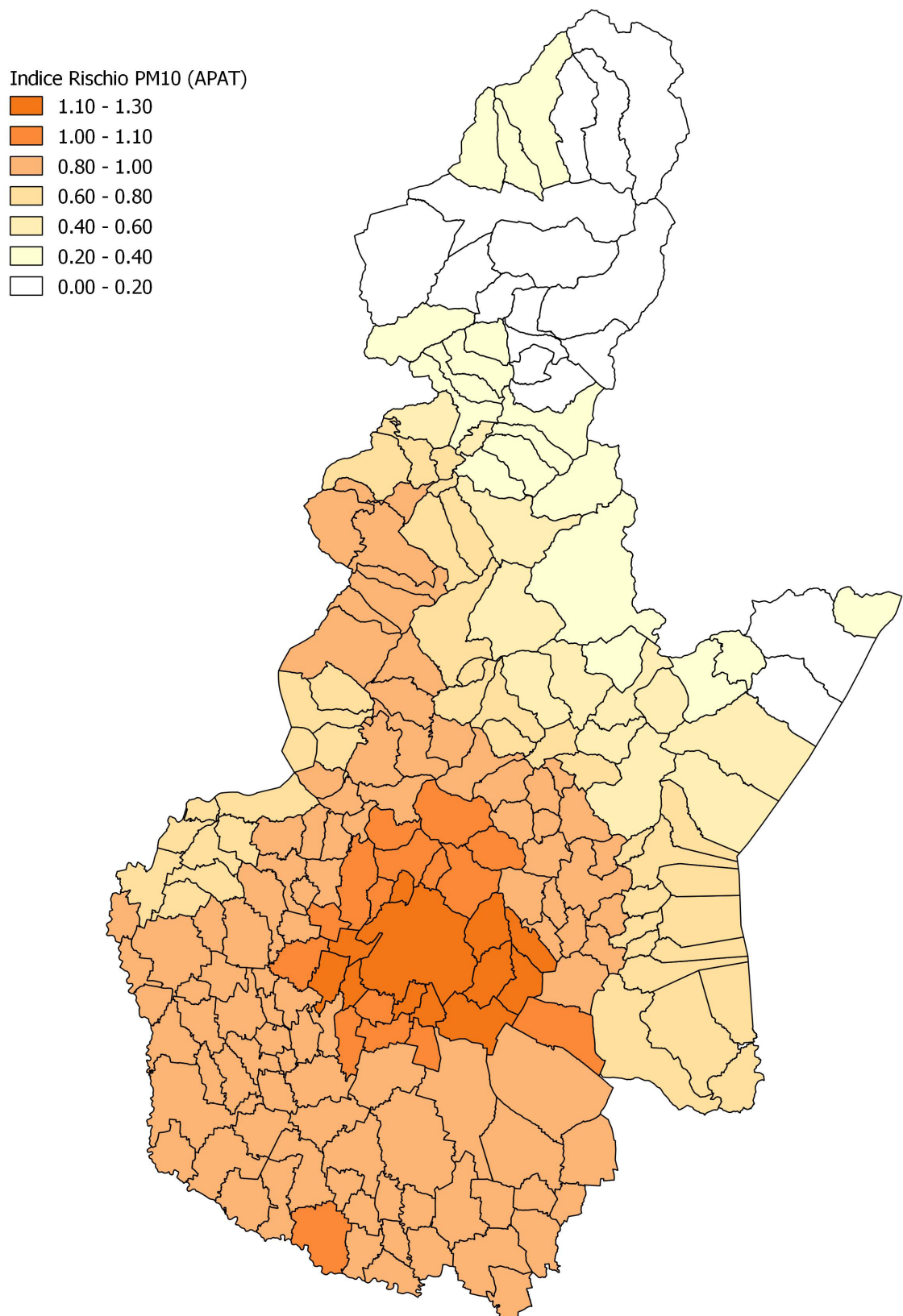


Figura 20: Distribuzione degli HQ per PM_{10} nella provincia di Brescia (equazione APAT).

Indice Rischio PM10 (EPA)

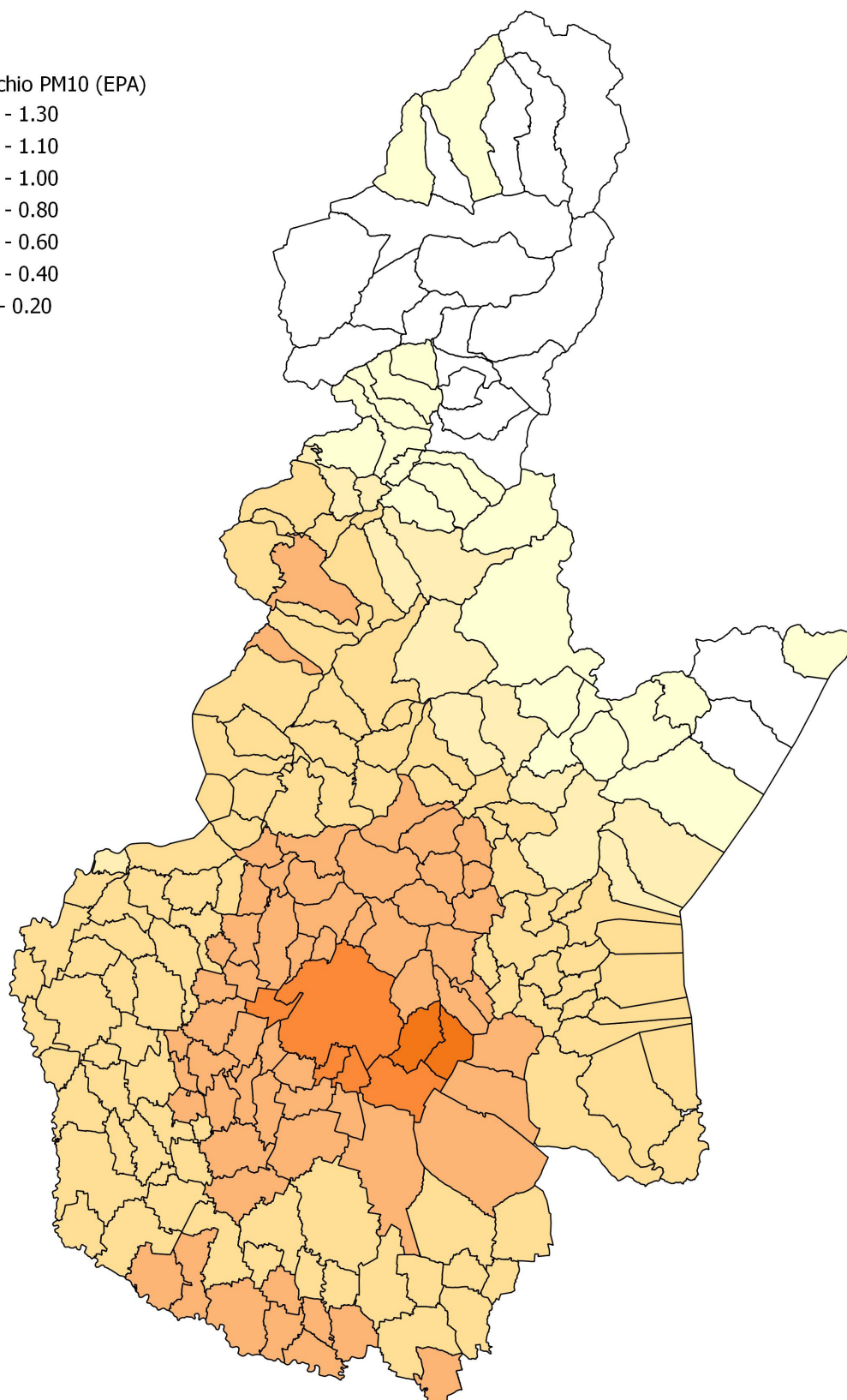
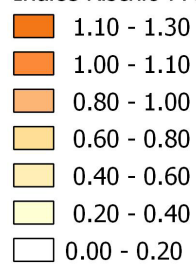


Figura 21: Distribuzione degli HQ per PM₁₀ nella provincia di Brescia (equazione EPA).

Il rischio tossicologico generale non cancerogeno si definisce accettabile quando non superiore all'unità.

Nel caso dell'applicazione illustrata, per ossidi di azoto e polveri si osservano situazioni in cui si verifica il superamento dell'unità. Tali superamenti sono associati a concentrazioni medie superiori a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi in linea con gli obiettivi di qualità proposti.

Sia per R sia per HQ valgono le proprietà additive, ossia il rischio determinato da più sostanze e/o da più vie di esposizione, deve essere sommato.

Per calcolare il rischio associato all'esposizione a diverse sostanze e/o per differenti vie di esposizione, gli HQ calcolati per una singola sostanza e per una singola via di esposizione devono essere sommati per ottenere l'HI. Il termine HI "Hazard Index" o "Indice di Pericolosità", è dato dalla somma di due o più HQ e può essere relativo ad una singola sostanza per molteplici vie di esposizione, relativo a molteplici sostanze per una via di esposizione, o relativo a molteplici sostanze per molteplici vie di esposizione.

Le figure 18 e 19 prima riportate illustrano la distribuzione degli HQ per NO_2 nei comuni della provincia di Brescia. Si osserva l'approccio più cautelativo dell'equazione del modello APAT rispetto ad EPA, per entrambi i valori più alti di HQ ($\text{HQ} > 1.2$) sono nell'hinterland di Brescia città e comuni limitrofi.

Per i PM10 (Fig 20 e 21) si conferma la concentrazione delle zone con HQ maggiori (in questo caso $\text{HQ} > 1.1$) intorno a Brescia (approccio APAT). Mentre per EPA, come per NO_x , l'approccio risulta maggiormente cautelativo.

Tabella 2: Risultati della valutazione del rischio tossico non cancerogeno dei POPs (PCDD/F, PCBtot, PCB dl). Elaborazioni eseguite su concentrazioni medie annue fornite da DIMI.

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Acquafredda	27211,50	1,026	3,002	4,03E-04	3,73E-04	2,66E-06	2,46E-06	7,79E-05	7,20E-05
Adro	40949,00	1,499	9,568	6,06E-04	5,61E-04	3,89E-06	3,59E-06	2,48E-04	2,29E-04
Agnosine	72526,30	1,130	6,158	1,07E-03	9,94E-04	2,93E-06	2,71E-06	1,60E-04	1,48E-04
Alfianello	22116,30	0,683	2,692	3,27E-04	3,03E-04	1,77E-06	1,64E-06	6,99E-05	6,45E-05
Anfo	6644,25	0,419	1,192	9,83E-05	9,10E-05	1,09E-06	1,00E-06	3,09E-05	2,86E-05
Angolo Terme	7688,35	0,751	2,577	1,14E-04	1,05E-04	1,95E-06	1,80E-06	6,69E-05	6,18E-05
Artogne	8567,10	0,809	2,317	1,27E-04	1,17E-04	2,10E-06	1,94E-06	6,02E-05	5,56E-05
Azzano Mella	56671,00	1,875	10,301	8,38E-04	7,76E-04	4,87E-06	4,50E-06	2,67E-04	2,47E-04
Bagnolo Mella	45992,40	1,499	7,976	6,80E-04	6,30E-04	3,89E-06	3,59E-06	2,07E-04	1,91E-04
Bagolino	2776,97	0,190	0,538	4,11E-05	3,80E-05	4,94E-07	4,56E-07	1,40E-05	1,29E-05
Barbariga	28318,50	0,965	3,833	4,19E-04	3,88E-04	2,50E-06	2,31E-06	9,95E-05	9,19E-05
Barghe	43066,10	1,244	3,755	6,37E-04	5,90E-04	3,23E-06	2,98E-06	9,75E-05	9,00E-05
Bassano Bresciano	25694,20	1,011	3,437	3,80E-04	3,52E-04	2,62E-06	2,42E-06	8,92E-05	8,24E-05
Bedizzole	64664,10	1,754	7,892	9,57E-04	8,86E-04	4,55E-06	4,20E-06	2,05E-04	1,89E-04
Berlingo	53584,30	1,776	10,342	7,93E-04	7,34E-04	4,61E-06	4,26E-06	2,68E-04	2,48E-04
Berzo Demo	7962,60	0,864	1,997	1,18E-04	1,09E-04	2,24E-06	2,07E-06	5,18E-05	4,79E-05
Berzo Inferiore	8711,60	0,865	2,285	1,29E-04	1,19E-04	2,24E-06	2,07E-06	5,93E-05	5,48E-05
Bienno	4496,42	0,419	1,131	6,65E-05	6,16E-05	1,09E-06	1,00E-06	2,94E-05	2,71E-05
Bione	47797,30	0,993	3,315	7,07E-04	6,55E-04	2,58E-06	2,38E-06	8,61E-05	7,95E-05
Borgo San Giacomo	9091,80	0,691	2,877	1,35E-04	1,25E-04	1,79E-06	1,66E-06	7,47E-05	6,90E-05
Borgosatollo	96034,00	2,986	13,355	1,42E-03	1,32E-03	7,75E-06	7,16E-06	3,47E-04	3,20E-04
Borno	5830,50	0,581	1,766	8,63E-05	7,99E-05	1,51E-06	1,39E-06	4,58E-05	4,23E-05
Botticino	55894,70	1,431	6,269	8,27E-04	7,66E-04	3,71E-06	3,43E-06	1,63E-04	1,50E-04
Bovegno	6173,60	0,506	1,231	9,13E-05	8,46E-05	1,31E-06	1,21E-06	3,19E-05	2,95E-05
Bovezzo	61039,10	1,558	6,631	9,03E-04	8,36E-04	4,04E-06	3,73E-06	1,72E-04	1,59E-04
Brandico	37026,50	1,236	7,385	5,48E-04	5,07E-04	3,21E-06	2,96E-06	1,92E-04	1,77E-04
Braone	5330,25	0,511	1,297	7,89E-05	7,30E-05	1,33E-06	1,23E-06	3,37E-05	3,11E-05
Breno	5029,95	0,467	1,246	7,44E-05	6,89E-05	1,21E-06	1,12E-06	3,23E-05	2,99E-05
Brescia	208000,00	3,955	19,731	3,08E-03	2,85E-03	1,03E-05	9,48E-06	5,12E-04	4,73E-04
Brione	43622,60	1,330	6,034	6,45E-04	5,98E-04	3,45E-06	3,19E-06	1,57E-04	1,45E-04
Caino	59187,70	0,811	2,980	8,76E-04	8,11E-04	2,10E-06	1,94E-06	7,73E-05	7,14E-05
Calcinato	66855,30	1,524	7,291	9,89E-04	9,16E-04	3,95E-06	3,65E-06	1,89E-04	1,75E-04
Calvagese della Riviera	59900,80	1,627	7,490	8,86E-04	8,21E-04	4,22E-06	3,90E-06	1,94E-04	1,80E-04
Calvisano	45370,40	1,115	3,878	6,71E-04	6,22E-04	2,90E-06	2,67E-06	1,01E-04	9,30E-05
Capo di Ponte	9195,30	0,984	2,089	1,36E-04	1,26E-04	2,55E-06	2,36E-06	5,42E-05	5,01E-05
Capovalle	6252,50	0,300	0,948	9,25E-05	8,57E-05	7,78E-07	7,19E-07	2,46E-05	2,27E-05
Capriano del Colle	54835,10	1,785	9,879	8,11E-04	7,51E-04	4,63E-06	4,28E-06	2,56E-04	2,37E-04
Capriolo	36849,00	1,404	10,266	5,45E-04	5,05E-04	3,64E-06	3,37E-06	2,66E-04	2,46E-04
Carpenedolo	44898,00	1,393	6,392	6,64E-04	6,15E-04	3,62E-06	3,34E-06	1,66E-04	1,53E-04
Castegnato	88572,00	3,500	15,266	1,31E-03	1,21E-03	9,08E-06	8,39E-06	3,96E-04	3,66E-04
Castel Mella	102564,00	3,340	16,093	1,52E-03	1,40E-03	8,67E-06	8,01E-06	4,18E-04	3,86E-04
Castelcovati	39575,00	1,262	8,802	5,85E-04	5,42E-04	3,28E-06	3,03E-06	2,28E-04	2,11E-04
Castenedolo	77330,60	2,318	10,780	1,14E-03	1,06E-03	6,02E-06	5,56E-06	2,80E-04	2,58E-04
Casto	36120,50	0,738	2,489	5,34E-04	4,95E-04	1,91E-06	1,77E-06	6,46E-05	5,97E-05
Castrezzato	48200,60	1,513	10,090	7,13E-04	6,60E-04	3,93E-06	3,63E-06	2,62E-04	2,42E-04
Cazzago San Martino	61074,10	2,234	11,601	9,04E-04	8,37E-04	5,80E-06	5,36E-06	3,01E-04	2,78E-04
Cedegolo	9298,95	1,016	2,061	1,38E-04	1,27E-04	2,64E-06	2,44E-06	5,35E-05	4,94E-05
Cellatica	81358,50	3,106	12,478	1,20E-03	1,11E-03	8,06E-06	7,44E-06	3,24E-04	2,99E-04
Cerveno	7381,40	0,763	1,888	1,09E-04	1,01E-04	1,98E-06	1,83E-06	4,90E-05	4,53E-05
Ceto	4321,64	0,428	1,040	6,39E-05	5,92E-05	1,11E-06	1,03E-06	2,70E-05	2,49E-05
Cevo	3782,84	0,402	0,915	5,60E-05	5,18E-05	1,04E-06	9,64E-07	2,38E-05	2,19E-05
Chiari	54288,20	1,399	11,786	8,03E-04	7,44E-04	3,63E-06	3,35E-06	3,06E-04	2,83E-04
Cigole	24020,10	0,902	3,094	3,55E-04	3,29E-04	2,34E-06	2,16E-06	8,03E-05	7,42E-05
Cimbergo	3969,66	0,397	0,943	5,87E-05	5,44E-05	1,03E-06	9,51E-07	2,45E-05	2,26E-05

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Civate Camuno	54557,20	2,903	11,259	8,07E-04	7,47E-04	7,53E-06	6,96E-06	2,92E-04	2,70E-04
Coccaglio	54766,50	1,730	11,511	8,10E-04	7,50E-04	4,49E-06	4,15E-06	2,99E-04	2,76E-04
Collebeato	74514,20	2,665	10,294	1,10E-03	1,02E-03	6,92E-06	6,39E-06	2,67E-04	2,47E-04
Collio	4717,24	0,379	0,707	6,98E-05	6,46E-05	9,83E-07	9,08E-07	1,84E-05	1,70E-05
Cologne	47106,30	1,570	10,678	6,97E-04	6,45E-04	4,08E-06	3,76E-06	2,77E-04	2,56E-04
Comezzano-Cizzago	31921,30	1,052	7,161	4,72E-04	4,37E-04	2,73E-06	2,52E-06	1,86E-04	1,72E-04
Concesio	64410,60	1,795	7,774	9,53E-04	8,82E-04	4,66E-06	4,30E-06	2,02E-04	1,86E-04
Corte Franca	41605,70	1,524	8,882	6,16E-04	5,70E-04	3,96E-06	3,65E-06	2,31E-04	2,13E-04
Corteno Golgi	522,57	0,049	0,154	7,73E-06	7,16E-06	1,28E-07	1,18E-07	4,00E-06	3,69E-06
Corzano	30923,40	1,032	6,407	4,57E-04	4,24E-04	2,68E-06	2,47E-06	1,66E-04	1,54E-04
Darfo Boario Terme	25908,70	1,320	3,654	3,83E-04	3,55E-04	3,43E-06	3,16E-06	9,48E-05	8,76E-05
Dello	34321,10	1,130	6,469	5,08E-04	4,70E-04	2,93E-06	2,71E-06	1,68E-04	1,55E-04
Desenzano del Garda	39436,10	0,911	2,944	5,83E-04	5,40E-04	2,37E-06	2,18E-06	7,64E-05	7,06E-05
Edolo	478,61	0,048	0,122	7,08E-06	6,56E-06	1,23E-07	1,14E-07	3,16E-06	2,92E-06
Erbusco	47370,00	1,685	10,326	7,01E-04	6,49E-04	4,37E-06	4,04E-06	2,68E-04	2,48E-04
Esine	20654,10	1,037	2,759	3,06E-04	2,83E-04	2,69E-06	2,49E-06	7,16E-05	6,61E-05
Fiesse	7646,30	0,641	2,230	1,13E-04	1,05E-04	1,66E-06	1,54E-06	5,79E-05	5,34E-05
Flero	89902,70	2,869	14,112	1,33E-03	1,23E-03	7,45E-06	6,88E-06	3,66E-04	3,38E-04
Gambara	8812,65	0,694	2,379	1,30E-04	1,21E-04	1,80E-06	1,66E-06	6,18E-05	5,70E-05
Gardone Riviera	23620,30	0,509	1,749	3,49E-04	3,24E-04	1,32E-06	1,22E-06	4,54E-05	4,19E-05
Gardone Val Trompia	21516,20	0,722	2,158	3,18E-04	2,95E-04	1,87E-06	1,73E-06	5,60E-05	5,17E-05
Gargnano	5425,50	0,209	0,776	8,03E-05	7,43E-05	5,43E-07	5,02E-07	2,01E-05	1,86E-05
Gavardo	67656,90	1,521	7,419	1,00E-03	9,27E-04	3,95E-06	3,65E-06	1,93E-04	1,78E-04
Ghedi	51559,90	1,461	7,595	7,63E-04	7,06E-04	3,79E-06	3,50E-06	1,97E-04	1,82E-04
Gianico	7919,20	0,764	2,134	1,17E-04	1,08E-04	1,98E-06	1,83E-06	5,54E-05	5,12E-05
Gottolengo	24365,20	0,866	2,902	3,60E-04	3,34E-04	2,25E-06	2,07E-06	7,53E-05	6,96E-05
Gussago	70573,30	2,619	11,429	1,04E-03	9,67E-04	6,80E-06	6,28E-06	2,97E-04	2,74E-04
Idro	8078,00	0,464	1,383	1,20E-04	1,11E-04	1,21E-06	1,11E-06	3,59E-05	3,32E-05
Incudine	541,88	0,054	0,137	8,02E-06	7,42E-06	1,40E-07	1,29E-07	3,55E-06	3,28E-06
Irma	9810,85	0,756	1,864	1,45E-04	1,34E-04	1,96E-06	1,81E-06	4,84E-05	4,47E-05
Iseo	33525,30	1,201	6,698	4,96E-04	4,59E-04	3,12E-06	2,88E-06	1,74E-04	1,61E-04
Isorella	25569,00	0,971	3,084	3,78E-04	3,50E-04	2,52E-06	2,33E-06	8,00E-05	7,39E-05
Lavenone	7374,15	0,436	1,210	1,09E-04	1,01E-04	1,13E-06	1,05E-06	3,14E-05	2,90E-05
Leno	33805,00	1,069	3,757	5,00E-04	4,63E-04	2,78E-06	2,56E-06	9,75E-05	9,01E-05
Limone sul Garda	2294,61	0,083	0,299	3,39E-05	3,14E-05	2,16E-07	1,99E-07	7,75E-06	7,16E-06
Lodrino	27703,70	0,739	2,256	4,10E-04	3,80E-04	1,92E-06	1,77E-06	5,86E-05	5,41E-05
Lograto	55943,40	1,850	10,332	8,28E-04	7,66E-04	4,80E-06	4,44E-06	2,68E-04	2,48E-04
Lonato del Garda	54429,40	1,104	3,532	8,05E-04	7,46E-04	2,87E-06	2,65E-06	9,17E-05	8,47E-05
Longhena	34218,80	1,135	6,717	5,06E-04	4,69E-04	2,95E-06	2,72E-06	1,74E-04	1,61E-04
Losine	30203,70	1,515	3,839	4,47E-04	4,14E-04	3,93E-06	3,63E-06	9,96E-05	9,20E-05
Lozio	4391,52	0,439	1,183	6,50E-05	6,02E-05	1,14E-06	1,05E-06	3,07E-05	2,84E-05
Lumezzane	59150,10	1,029	3,220	8,75E-04	8,10E-04	2,67E-06	2,47E-06	8,36E-05	7,72E-05
Macclodio	45800,00	1,514	8,980	6,78E-04	6,27E-04	3,93E-06	3,63E-06	2,33E-04	2,15E-04
Magasa	3179,31	0,124	0,427	4,70E-05	4,36E-05	3,21E-07	2,96E-07	1,11E-05	1,02E-05
Mairano	44586,40	1,494	8,465	6,60E-04	6,11E-04	3,88E-06	3,58E-06	2,20E-04	2,03E-04
Malegno	37403,10	1,949	7,592	5,53E-04	5,12E-04	5,06E-06	4,67E-06	1,97E-04	1,82E-04
Malonno	4494,51	0,480	1,181	6,65E-05	6,16E-05	1,24E-06	1,15E-06	3,07E-05	2,83E-05
Manerba del Garda	33684,30	0,802	2,624	4,98E-04	4,61E-04	2,08E-06	1,92E-06	6,81E-05	6,29E-05
Manerbio	29632,00	1,101	3,758	4,38E-04	4,06E-04	2,86E-06	2,64E-06	9,75E-05	9,01E-05
Marcheno	27710,20	0,800	2,366	4,10E-04	3,80E-04	2,08E-06	1,92E-06	6,14E-05	5,67E-05
Marmentino	22379,60	0,793	2,059	3,31E-04	3,07E-04	2,06E-06	1,90E-06	5,34E-05	4,94E-05
Marone	9206,50	0,658	2,413	1,36E-04	1,26E-04	1,71E-06	1,58E-06	6,26E-05	5,78E-05
Mazzano	67942,80	2,053	8,801	1,01E-03	9,31E-04	5,33E-06	4,92E-06	2,28E-04	2,11E-04
Milzano	20529,40	0,739	2,672	3,04E-04	2,81E-04	1,92E-06	1,77E-06	6,94E-05	6,41E-05

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Moniga del Garda	38711,30	0,917	2,981	5,73E-04	5,30E-04	2,38E-06	2,20E-06	7,74E-05	7,15E-05
Monno	541,88	0,054	0,137	8,02E-06	7,42E-06	1,40E-07	1,29E-07	3,55E-06	3,28E-06
Monte Isola	25821,60	0,913	3,270	3,82E-04	3,54E-04	2,37E-06	2,19E-06	8,49E-05	7,84E-05
Monticelli Brusati	44930,60	1,551	7,395	6,65E-04	6,15E-04	4,02E-06	3,72E-06	1,92E-04	1,77E-04
Montichiari	55410,00	1,511	7,464	8,20E-04	7,59E-04	3,92E-06	3,62E-06	1,94E-04	1,79E-04
Montirone	63827,90	2,034	10,227	9,44E-04	8,74E-04	5,28E-06	4,87E-06	2,65E-04	2,45E-04
Mura	31641,50	0,887	2,753	4,68E-04	4,33E-04	2,30E-06	2,13E-06	7,15E-05	6,60E-05
Muscoline	61524,20	1,608	7,509	9,10E-04	8,43E-04	4,17E-06	3,86E-06	1,95E-04	1,80E-04
Nave	55728,80	1,174	3,603	8,24E-04	7,63E-04	3,05E-06	2,81E-06	9,35E-05	8,64E-05
Niardo	6666,85	0,625	1,617	9,86E-05	9,13E-05	1,62E-06	1,50E-06	4,20E-05	3,88E-05
Nuvolento	62010,50	1,779	7,834	9,17E-04	8,49E-04	4,62E-06	4,26E-06	2,03E-04	1,88E-04
Nuvolera	58980,60	1,664	7,298	8,73E-04	8,08E-04	4,32E-06	3,99E-06	1,89E-04	1,75E-04
Odolo	82576,50	1,473	7,831	1,22E-03	1,13E-03	3,82E-06	3,53E-06	2,03E-04	1,88E-04
Offlaga	29231,10	0,994	3,686	4,32E-04	4,00E-04	2,58E-06	2,38E-06	9,57E-05	8,84E-05
Ome	46960,10	1,573	7,318	6,95E-04	6,43E-04	4,08E-06	3,77E-06	1,90E-04	1,75E-04
Ono San Pietro	6666,40	0,696	1,630	9,86E-05	9,13E-05	1,81E-06	1,67E-06	4,23E-05	3,91E-05
Orzinuovi	22055,30	0,835	3,607	3,26E-04	3,02E-04	2,17E-06	2,00E-06	9,36E-05	8,65E-05
Orzivecchi	25438,50	0,913	3,862	3,76E-04	3,48E-04	2,37E-06	2,19E-06	1,00E-04	9,26E-05
Ospitaletto	83859,30	3,363	14,861	1,24E-03	1,15E-03	8,73E-06	8,06E-06	3,86E-04	3,56E-04
Ossimo	20867,70	1,085	2,896	3,09E-04	2,86E-04	2,82E-06	2,60E-06	7,52E-05	6,94E-05
Padenghe sul Garda	42332,30	0,977	3,180	6,26E-04	5,80E-04	2,54E-06	2,34E-06	8,25E-05	7,62E-05
Paderno Franciacorta	69686,20	2,667	12,645	1,03E-03	9,55E-04	6,92E-06	6,39E-06	3,28E-04	3,03E-04
Paisco Loveno	1243,17	0,119	0,322	1,84E-05	1,70E-05	3,10E-07	2,86E-07	8,35E-06	7,71E-06
Paitone	63124,70	1,228	6,210	9,34E-04	8,65E-04	3,19E-06	2,94E-06	1,61E-04	1,49E-04
Palazzolo sull'Oglio	41419,90	1,484	11,060	6,13E-04	5,67E-04	3,85E-06	3,56E-06	2,87E-04	2,65E-04
Paratico	30906,20	1,181	8,758	4,57E-04	4,23E-04	3,06E-06	2,83E-06	2,27E-04	2,10E-04
Paspardo	8340,85	0,891	1,867	1,23E-04	1,14E-04	2,31E-06	2,14E-06	4,84E-05	4,47E-05
Passirano	60117,60	2,253	11,135	8,89E-04	8,24E-04	5,85E-06	5,40E-06	2,89E-04	2,67E-04
Pavone del Mella	22610,20	0,848	2,888	3,35E-04	3,10E-04	2,20E-06	2,03E-06	7,50E-05	6,92E-05
Pertica Alta	22997,50	0,721	2,036	3,40E-04	3,15E-04	1,87E-06	1,73E-06	5,29E-05	4,88E-05
Pertica Bassa	8682,90	0,550	1,463	1,28E-04	1,19E-04	1,43E-06	1,32E-06	3,80E-05	3,51E-05
Pezzaze	7739,80	0,643	1,701	1,15E-04	1,06E-04	1,67E-06	1,54E-06	4,42E-05	4,08E-05
Pian Camuno	23924,40	1,171	3,437	3,54E-04	3,28E-04	3,04E-06	2,81E-06	8,92E-05	8,24E-05
Piancogno	26567,20	1,379	3,806	3,93E-04	3,64E-04	3,58E-06	3,31E-06	9,88E-05	9,12E-05
Pisogne	8387,50	0,723	2,306	1,24E-04	1,15E-04	1,88E-06	1,73E-06	5,99E-05	5,53E-05
Polaveno	32412,90	1,036	3,228	4,80E-04	4,44E-04	2,69E-06	2,48E-06	8,38E-05	7,74E-05
Polpenazze del Garda	52180,50	1,381	6,489	7,72E-04	7,15E-04	3,58E-06	3,31E-06	1,68E-04	1,56E-04
Pompiano	26646,20	0,932	3,842	3,94E-04	3,65E-04	2,42E-06	2,23E-06	9,97E-05	9,21E-05
Poncarale	64988,60	2,112	10,892	9,61E-04	8,90E-04	5,48E-06	5,06E-06	2,83E-04	2,61E-04
Ponte di Legno	782,29	0,078	0,194	1,16E-05	1,07E-05	2,04E-07	1,88E-07	5,03E-06	4,65E-06
Pontevico	24755,50	0,717	2,875	3,66E-04	3,39E-04	1,86E-06	1,72E-06	7,46E-05	6,89E-05
Pontoglio	39012,70	1,240	10,515	5,77E-04	5,34E-04	3,22E-06	2,97E-06	2,73E-04	2,52E-04
Pozzolengo	25264,10	0,809	2,352	3,74E-04	3,46E-04	2,10E-06	1,94E-06	6,10E-05	5,64E-05
Pralboino	9368,05	0,690	2,531	1,39E-04	1,28E-04	1,79E-06	1,66E-06	6,57E-05	6,07E-05
Preseglie	58321,50	1,411	6,735	8,63E-04	7,99E-04	3,66E-06	3,38E-06	1,75E-04	1,61E-04
Prestine	3723,39	0,341	0,941	5,51E-05	5,10E-05	8,86E-07	8,18E-07	2,44E-05	2,25E-05
Prevalle	65269,20	1,819	8,180	9,66E-04	8,94E-04	4,72E-06	4,36E-06	2,12E-04	1,96E-04
Provaglio d'Iseo	45963,10	1,672	8,461	6,80E-04	6,30E-04	4,34E-06	4,01E-06	2,20E-04	2,03E-04
Provaglio Val Sabbia	30671,60	0,789	2,463	4,54E-04	4,20E-04	2,05E-06	1,89E-06	6,39E-05	5,90E-05
Puegnago sul Garda	49067,00	1,330	6,213	7,26E-04	6,72E-04	3,45E-06	3,19E-06	1,61E-04	1,49E-04
Quinzano d'Oglio	9014,35	0,698	2,803	1,33E-04	1,23E-04	1,81E-06	1,67E-06	7,28E-05	6,72E-05
Remedello	21068,00	0,860	2,607	3,12E-04	2,89E-04	2,23E-06	2,06E-06	6,77E-05	6,25E-05
Rezzato	75950,20	2,332	9,494	1,12E-03	1,04E-03	6,05E-06	5,59E-06	2,46E-04	2,28E-04
Roccafranca	25706,60	0,859	6,218	3,80E-04	3,52E-04	2,23E-06	2,06E-06	1,61E-04	1,49E-04

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA	HQ APAT	HQ EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Rodengo Saiano	67535,70	2,586	12,087	9,99E-04	9,25E-04	6,71E-06	6,20E-06	3,14E-04	2,90E-04
Roè Volciano	45017,60	1,207	3,788	6,66E-04	6,17E-04	3,13E-06	2,89E-06	9,83E-05	9,08E-05
Roncadelle	108983,00	3,811	15,450	1,61E-03	1,49E-03	9,89E-06	9,14E-06	4,01E-04	3,70E-04
Rovato	58749,20	2,012	11,577	8,69E-04	8,05E-04	5,22E-06	4,82E-06	3,00E-04	2,78E-04
Rudiano	31870,80	1,042	7,904	4,72E-04	4,37E-04	2,71E-06	2,50E-06	2,05E-04	1,89E-04
Sabbio Chiese	55387,30	1,234	6,096	8,19E-04	7,59E-04	3,20E-06	2,96E-06	1,58E-04	1,46E-04
Sale Marasino	9662,85	0,660	2,202	1,43E-04	1,32E-04	1,71E-06	1,58E-06	5,72E-05	5,28E-05
Salò	36065,50	0,942	2,999	5,34E-04	4,94E-04	2,45E-06	2,26E-06	7,78E-05	7,19E-05
San Felice del Benaco	33303,40	0,836	2,698	4,93E-04	4,56E-04	2,17E-06	2,00E-06	7,00E-05	6,47E-05
San Gervasio Bresciano	22645,90	0,854	2,997	3,35E-04	3,10E-04	2,22E-06	2,05E-06	7,78E-05	7,19E-05
San Paolo	23432,00	0,856	3,339	3,47E-04	3,21E-04	2,22E-06	2,05E-06	8,67E-05	8,00E-05
San Zeno Naviglio	98949,30	3,066	13,770	1,46E-03	1,36E-03	7,96E-06	7,35E-06	3,57E-04	3,30E-04
Sarezzo	46646,50	1,216	3,579	6,90E-04	6,39E-04	3,16E-06	2,91E-06	9,29E-05	8,58E-05
Saviore dell'Adamello	1085,98	0,109	0,266	1,61E-05	1,49E-05	2,84E-07	2,62E-07	6,91E-06	6,38E-06
Sellero	21775,00	1,181	2,472	3,22E-04	2,98E-04	3,07E-06	2,83E-06	6,42E-05	5,93E-05
Seniga	8642,70	0,582	2,407	1,28E-04	1,18E-04	1,51E-06	1,40E-06	6,25E-05	5,77E-05
Serle	55416,00	0,953	3,337	8,20E-04	7,59E-04	2,47E-06	2,28E-06	8,66E-05	8,00E-05
Sirmione	30470,40	0,713	2,341	4,51E-04	4,17E-04	1,85E-06	1,71E-06	6,08E-05	5,61E-05
Soiano del Lago	50546,50	1,322	6,243	7,48E-04	6,92E-04	3,43E-06	3,17E-06	1,62E-04	1,50E-04
Sonico	1226,60	0,122	0,303	1,81E-05	1,68E-05	3,17E-07	2,93E-07	7,87E-06	7,26E-06
Sulzano	27359,20	0,931	3,073	4,05E-04	3,75E-04	2,42E-06	2,23E-06	7,98E-05	7,37E-05
Tavernole sul Mella	7445,05	0,546	1,530	1,10E-04	1,02E-04	1,42E-06	1,31E-06	3,97E-05	3,67E-05
Temù	630,45	0,063	0,158	9,33E-06	8,64E-06	1,63E-07	1,51E-07	4,10E-06	3,78E-06
Tignale	2081,72	0,071	0,268	3,08E-05	2,85E-05	1,84E-07	1,70E-07	6,97E-06	6,43E-06
Torbole Casaglia	83581,00	2,808	13,409	1,24E-03	1,14E-03	7,29E-06	6,73E-06	3,48E-04	3,21E-04
Toscolano-Maderno	8981,70	0,353	1,278	1,33E-04	1,23E-04	9,17E-07	8,47E-07	3,32E-05	3,06E-05
Travagliato	74979,90	2,765	12,829	1,11E-03	1,03E-03	7,18E-06	6,63E-06	3,33E-04	3,08E-04
Tremosine	1622,81	0,055	0,201	2,40E-05	2,22E-05	1,43E-07	1,32E-07	5,22E-06	4,82E-06
Trenzano	40339,50	1,316	8,314	5,97E-04	5,53E-04	3,42E-06	3,16E-06	2,16E-04	1,99E-04
Treviso Bresciano	20857,70	0,523	1,635	3,09E-04	2,86E-04	1,36E-06	1,25E-06	4,24E-05	3,92E-05
Urago d'Oglio	36626,00	1,064	9,280	5,42E-04	5,02E-04	2,76E-06	2,55E-06	2,41E-04	2,22E-04
Vallio Terme	75267,20	1,123	6,374	1,11E-03	1,03E-03	2,92E-06	2,69E-06	1,65E-04	1,53E-04
Valvestino	4497,05	0,200	0,654	6,65E-05	6,16E-05	5,18E-07	4,78E-07	1,70E-05	1,57E-05
Verolanuova	24060,30	0,929	3,299	3,56E-04	3,30E-04	2,41E-06	2,23E-06	8,56E-05	7,91E-05
Verolavecchia	20105,00	0,752	2,877	2,97E-04	2,75E-04	1,95E-06	1,80E-06	7,47E-05	6,90E-05
Vestone	33992,30	1,070	3,127	5,03E-04	4,66E-04	2,78E-06	2,57E-06	8,11E-05	7,50E-05
Veza d'Oglio	605,14	0,060	0,152	8,95E-06	8,29E-06	1,57E-07	1,45E-07	3,94E-06	3,64E-06
Villa Carcina	59222,50	1,603	7,108	8,76E-04	8,11E-04	4,16E-06	3,84E-06	1,85E-04	1,70E-04
Villachiera	7894,60	0,593	2,829	1,17E-04	1,08E-04	1,54E-06	1,42E-06	7,34E-05	6,78E-05
Villanuova sul Clisi	56618,30	1,317	6,430	8,38E-04	7,76E-04	3,42E-06	3,16E-06	1,67E-04	1,54E-04
Vione	554,53	0,055	0,140	8,20E-06	7,60E-06	1,43E-07	1,32E-07	3,63E-06	3,35E-06
Visano	27514,90	1,019	3,164	4,07E-04	3,77E-04	2,64E-06	2,44E-06	8,21E-05	7,58E-05
Vobarno	23588,90	0,517	1,726	3,49E-04	3,23E-04	1,34E-06	1,24E-06	4,48E-05	4,14E-05
Zone	6451,45	0,453	1,504	9,54E-05	8,84E-05	1,18E-06	1,09E-06	3,90E-05	3,61E-05

Per quanto concerne il rischio tossicologico generale dei POPs i comuni che costantemente evidenziano HQ elevati per tutti e tre i POPs in esame risultano: Brescia, Roncadelle, Castel Mella, Castegnato, Ospitaletto, Flero, San Zeno Naviglio, Torbole Casaglia, Borgosatollo, Travagliato, Paderno Franciacorta, Cellatica, Rodengo Saiano, Cazzago San Martino, Coccaglio, Gussago. Esiste per tutti i POPs considerati un gradiente decrescente zona sud-ovest dell'hinterland bresciano - Città - zona Pedemontana/Garda – zona valli.

Tabella 3: Risultati della valutazione rischio cancerogeno per POPs. (Elaborazioni eseguite su concentrazioni medie annue fornite da DIMI)

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Acquafredda	27211,50	1,026	3,002	1,05E-08	6,37E-09	2,64E-09	1,60E-09	7,73E-08	4,69E-08
Adro	40949,00	1,499	9,568	1,58E-08	9,59E-09	3,86E-09	2,34E-09	2,46E-07	1,49E-07
Agnosine	72526,30	1,130	6,158	2,81E-08	1,70E-08	2,91E-09	1,76E-09	1,58E-07	9,62E-08
Alfianello	22116,30	0,683	2,692	8,56E-09	5,18E-09	1,76E-09	1,07E-09	6,93E-08	4,20E-08
Anfo	6644,25	0,419	1,192	2,57E-09	1,56E-09	1,08E-09	6,54E-10	3,07E-08	1,86E-08
Angolo Terme	7688,35	0,751	2,577	2,98E-09	1,80E-09	1,93E-09	1,17E-09	6,63E-08	4,02E-08
Artogne	8567,10	0,809	2,317	3,32E-09	2,01E-09	2,08E-09	1,26E-09	5,96E-08	3,62E-08
Azzano Mella	56671,00	1,875	10,301	2,19E-08	1,33E-08	4,83E-09	2,93E-09	2,65E-07	1,61E-07
Bagnolo Mella	45992,40	1,499	7,976	1,78E-08	1,08E-08	3,86E-09	2,34E-09	2,05E-07	1,25E-07
Bagolino	2776,97	0,190	0,538	1,07E-09	6,50E-10	4,90E-10	2,97E-10	1,39E-08	8,40E-09
Barbariga	28318,50	0,965	3,833	1,10E-08	6,63E-09	2,48E-09	1,51E-09	9,87E-08	5,99E-08
Barghe	43066,10	1,244	3,755	1,67E-08	1,01E-08	3,20E-09	1,94E-09	9,66E-08	5,86E-08
Bassano Bresciano	25694,20	1,011	3,437	9,94E-09	6,02E-09	2,60E-09	1,58E-09	8,85E-08	5,37E-08
Bedizzole	64664,10	1,754	7,892	2,50E-08	1,51E-08	4,51E-09	2,74E-09	2,03E-07	1,23E-07
Berlingo	53584,30	1,776	10,342	2,07E-08	1,26E-08	4,57E-09	2,77E-09	2,66E-07	1,62E-07
Berzo Demo	7962,60	0,864	1,997	3,08E-09	1,87E-09	2,22E-09	1,35E-09	5,14E-08	3,12E-08
Berzo Inferiore	8711,60	0,865	2,285	3,37E-09	2,04E-09	2,23E-09	1,35E-09	5,88E-08	3,57E-08
Bienno	4496,42	0,419	1,131	1,74E-09	1,05E-09	1,08E-09	6,54E-10	2,91E-08	1,77E-08
Bione	47797,30	0,993	3,315	1,85E-08	1,12E-08	2,55E-09	1,55E-09	8,53E-08	5,18E-08
Borgo San Giacomo	9091,80	0,691	2,877	3,52E-09	2,13E-09	1,78E-09	1,08E-09	7,40E-08	4,49E-08
Borgosatollo	96034,00	2,986	13,355	3,72E-08	2,25E-08	7,69E-09	4,66E-09	3,44E-07	2,09E-07
Borno	5830,50	0,581	1,766	2,26E-09	1,37E-09	1,50E-09	9,08E-10	4,54E-08	2,76E-08
Botticino	55894,70	1,431	6,269	2,16E-08	1,31E-08	3,68E-09	2,23E-09	1,61E-07	9,79E-08
Bovegno	6173,60	0,506	1,231	2,39E-09	1,45E-09	1,30E-09	7,90E-10	3,17E-08	1,92E-08
Bovezzo	61039,10	1,558	6,631	2,36E-08	1,43E-08	4,01E-09	2,43E-09	1,71E-07	1,04E-07
Brandico	37026,50	1,236	7,385	1,43E-08	8,67E-09	3,18E-09	1,93E-09	1,90E-07	1,15E-07
Braone	5330,25	0,511	1,297	2,06E-09	1,25E-09	1,32E-09	7,98E-10	3,34E-08	2,03E-08
Breno	5029,95	0,467	1,246	1,95E-09	1,18E-09	1,20E-09	7,30E-10	3,21E-08	1,95E-08
Brescia	208000,00	3,955	19,731	8,05E-08	4,87E-08	1,02E-08	6,18E-09	5,08E-07	3,08E-07
Brione	43622,60	1,330	6,034	1,69E-08	1,02E-08	3,42E-09	2,08E-09	1,55E-07	9,42E-08
Caino	59187,70	0,811	2,980	2,29E-08	1,39E-08	2,09E-09	1,27E-09	7,67E-08	4,65E-08
Calcinato	66855,30	1,524	7,291	2,59E-08	1,57E-08	3,92E-09	2,38E-09	1,88E-07	1,14E-07
Calvagese della Riviera	59900,80	1,627	7,490	2,32E-08	1,40E-08	4,19E-09	2,54E-09	1,93E-07	1,17E-07
Calvisano	45370,40	1,115	3,878	1,76E-08	1,06E-08	2,87E-09	1,74E-09	9,98E-08	6,06E-08
Capo di Ponte	9195,30	0,984	2,089	3,56E-09	2,15E-09	2,53E-09	1,54E-09	5,38E-08	3,26E-08
Capovalle	6252,50	0,300	0,948	2,42E-09	1,46E-09	7,72E-10	4,68E-10	2,44E-08	1,48E-08
Capriano del Colle	54835,10	1,785	9,879	2,12E-08	1,28E-08	4,59E-09	2,79E-09	2,54E-07	1,54E-07
Capriolo	36849,00	1,404	10,266	1,43E-08	8,63E-09	3,61E-09	2,19E-09	2,64E-07	1,60E-07
Carpenedolo	44898,00	1,393	6,392	1,74E-08	1,05E-08	3,59E-09	2,18E-09	1,64E-07	9,98E-08
Castegnato	88572,00	3,500	15,266	3,43E-08	2,07E-08	9,01E-09	5,47E-09	3,93E-07	2,38E-07
Castel Mella	102564,00	3,340	16,093	3,97E-08	2,40E-08	8,60E-09	5,22E-09	4,14E-07	2,51E-07
Castelcovati	39575,00	1,262	8,802	1,53E-08	9,27E-09	3,25E-09	1,97E-09	2,27E-07	1,37E-07
Castenedolo	77330,60	2,318	10,780	2,99E-08	1,81E-08	5,97E-09	3,62E-09	2,77E-07	1,68E-07
Casto	36120,50	0,738	2,489	1,40E-08	8,46E-09	1,90E-09	1,15E-09	6,40E-08	3,89E-08
Castrezzato	48200,60	1,513	10,090	1,87E-08	1,13E-08	3,89E-09	2,36E-09	2,60E-07	1,58E-07
Cazzago San Martino	61074,10	2,234	11,601	2,36E-08	1,43E-08	5,75E-09	3,49E-09	2,99E-07	1,81E-07

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Cedegolo	9298,95	1,016	2,061	3,60E-09	2,18E-09	2,61E-09	1,59E-09	5,30E-08	3,22E-08
Cellatica	81358,50	3,106	12,478	3,15E-08	1,91E-08	7,99E-09	4,85E-09	3,21E-07	1,95E-07
Cerveno	7381,40	0,763	1,888	2,86E-09	1,73E-09	1,96E-09	1,19E-09	4,86E-08	2,95E-08
Ceto	4321,64	0,428	1,040	1,67E-09	1,01E-09	1,10E-09	6,68E-10	2,68E-08	1,62E-08
Cevo	3782,84	0,402	0,915	1,46E-09	8,86E-10	1,03E-09	6,28E-10	2,36E-08	1,43E-08
Chiari	54288,20	1,399	11,786	2,10E-08	1,27E-08	3,60E-09	2,18E-09	3,03E-07	1,84E-07
Cigole	24020,10	0,902	3,094	9,30E-09	5,63E-09	2,32E-09	1,41E-09	7,96E-08	4,83E-08
Cimbergo	3969,66	0,397	0,943	1,54E-09	9,30E-10	1,02E-09	6,19E-10	2,43E-08	1,47E-08
Civate Camuno	54557,20	2,903	11,259	2,11E-08	1,28E-08	7,47E-09	4,53E-09	2,90E-07	1,76E-07
Coccaglio	54766,50	1,730	11,511	2,12E-08	1,28E-08	4,45E-09	2,70E-09	2,96E-07	1,80E-07
Collebeato	74514,20	2,665	10,294	2,88E-08	1,75E-08	6,86E-09	4,16E-09	2,65E-07	1,61E-07
Collio	4717,24	0,379	0,707	1,83E-09	1,10E-09	9,75E-10	5,92E-10	1,82E-08	1,10E-08
Cologne	47106,30	1,570	10,678	1,82E-08	1,10E-08	4,04E-09	2,45E-09	2,75E-07	1,67E-07
Comezzano-Cizzago	31921,30	1,052	7,161	1,24E-08	7,48E-09	2,71E-09	1,64E-09	1,84E-07	1,12E-07
Concesio	64410,60	1,795	7,774	2,49E-08	1,51E-08	4,62E-09	2,80E-09	2,00E-07	1,21E-07
Corte Franca	41605,70	1,524	8,882	1,61E-08	9,75E-09	3,92E-09	2,38E-09	2,29E-07	1,39E-07
Corteno Golgi	522,57	0,049	0,154	2,02E-10	1,22E-10	1,27E-10	7,72E-11	3,96E-09	2,40E-09
Corzano	30923,40	1,032	6,407	1,20E-08	7,24E-09	2,66E-09	1,61E-09	1,65E-07	1,00E-07
Darfo Boario Terme	25908,70	1,320	3,654	1,00E-08	6,07E-09	3,40E-09	2,06E-09	9,40E-08	5,71E-08
Dello	34321,10	1,130	6,469	1,33E-08	8,04E-09	2,91E-09	1,76E-09	1,66E-07	1,01E-07
Desenzano del Garda	39436,10	0,911	2,944	1,53E-08	9,24E-09	2,35E-09	1,42E-09	7,58E-08	4,60E-08
Edolo	478,61	0,048	0,122	1,85E-10	1,12E-10	1,22E-10	7,42E-11	3,13E-09	1,90E-09
Erbusco	47370,00	1,685	10,326	1,83E-08	1,11E-08	4,34E-09	2,63E-09	2,66E-07	1,61E-07
Esine	20654,10	1,037	2,759	7,99E-09	4,84E-09	2,67E-09	1,62E-09	7,10E-08	4,31E-08
Fiesse	7646,30	0,641	2,230	2,96E-09	1,79E-09	1,65E-09	1,00E-09	5,74E-08	3,48E-08
Flero	89902,70	2,869	14,112	3,48E-08	2,11E-08	7,38E-09	4,48E-09	3,63E-07	2,20E-07
Gambara	8812,65	0,694	2,379	3,41E-09	2,06E-09	1,79E-09	1,08E-09	6,12E-08	3,72E-08
Gardone Riviera	23620,30	0,509	1,749	9,14E-09	5,53E-09	1,31E-09	7,95E-10	4,50E-08	2,73E-08
Gardone Val Trompia	21516,20	0,722	2,158	8,33E-09	5,04E-09	1,86E-09	1,13E-09	5,55E-08	3,37E-08
Gargnano	5425,50	0,209	0,776	2,10E-09	1,27E-09	5,38E-10	3,27E-10	2,00E-08	1,21E-08
Gavardo	67656,90	1,521	7,419	2,62E-08	1,58E-08	3,91E-09	2,38E-09	1,91E-07	1,16E-07
Ghedi	51559,90	1,461	7,595	2,00E-08	1,21E-08	3,76E-09	2,28E-09	1,95E-07	1,19E-07
Gianico	7919,20	0,764	2,134	3,06E-09	1,86E-09	1,97E-09	1,19E-09	5,49E-08	3,33E-08
Gottolengo	24365,20	0,866	2,902	9,43E-09	5,71E-09	2,23E-09	1,35E-09	7,47E-08	4,53E-08
Gussago	70573,30	2,619	11,429	2,73E-08	1,65E-08	6,74E-09	4,09E-09	2,94E-07	1,78E-07
Idro	8078,00	0,464	1,383	3,13E-09	1,89E-09	1,20E-09	7,25E-10	3,56E-08	2,16E-08
Incudine	541,88	0,054	0,137	2,10E-10	1,27E-10	1,39E-10	8,42E-11	3,52E-09	2,14E-09
Irma	9810,85	0,756	1,864	3,80E-09	2,30E-09	1,95E-09	1,18E-09	4,80E-08	2,91E-08
Iseo	33525,30	1,201	6,698	1,30E-08	7,85E-09	3,09E-09	1,87E-09	1,72E-07	1,05E-07
Isorella	25569,00	0,971	3,084	9,90E-09	5,99E-09	2,50E-09	1,52E-09	7,94E-08	4,82E-08
Lavenone	7374,15	0,436	1,210	2,85E-09	1,73E-09	1,12E-09	6,81E-10	3,11E-08	1,89E-08
Leno	33805,00	1,069	3,757	1,31E-08	7,92E-09	2,75E-09	1,67E-09	9,67E-08	5,87E-08
Limone sul Garda	2294,61	0,083	0,299	8,88E-10	5,38E-10	2,14E-10	1,30E-10	7,69E-09	4,66E-09
Lodrino	27703,70	0,739	2,256	1,07E-08	6,49E-09	1,90E-09	1,15E-09	5,81E-08	3,52E-08
Lograto	55943,40	1,850	10,332	2,17E-08	1,31E-08	4,76E-09	2,89E-09	2,66E-07	1,61E-07
Lonato del Garda	54429,40	1,104	3,532	2,11E-08	1,27E-08	2,84E-09	1,72E-09	9,09E-08	5,52E-08

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Longhena	34218,80	1,135	6,717	1,32E-08	8,02E-09	2,92E-09	1,77E-09	1,73E-07	1,05E-07
Losine	30203,70	1,515	3,839	1,17E-08	7,08E-09	3,90E-09	2,37E-09	9,88E-08	6,00E-08
Lozio	4391,52	0,439	1,183	1,70E-09	1,03E-09	1,13E-09	6,85E-10	3,04E-08	1,85E-08
Lumezzane	59150,10	1,029	3,220	2,29E-08	1,39E-08	2,65E-09	1,61E-09	8,29E-08	5,03E-08
Macclodio	45800,00	1,514	8,980	1,77E-08	1,07E-08	3,90E-09	2,36E-09	2,31E-07	1,40E-07
Magasa	3179,31	0,124	0,427	1,23E-09	7,45E-10	3,18E-10	1,93E-10	1,10E-08	6,66E-09
Mairano	44586,40	1,494	8,465	1,73E-08	1,04E-08	3,85E-09	2,33E-09	2,18E-07	1,32E-07
Malegno	37403,10	1,949	7,592	1,45E-08	8,76E-09	5,02E-09	3,04E-09	1,95E-07	1,19E-07
Malonno	4494,51	0,480	1,181	1,74E-09	1,05E-09	1,23E-09	7,49E-10	3,04E-08	1,84E-08
Manerba del Garda	33684,30	0,802	2,624	1,30E-08	7,89E-09	2,06E-09	1,25E-09	6,75E-08	4,10E-08
Manerbio	29632,00	1,101	3,758	1,15E-08	6,94E-09	2,83E-09	1,72E-09	9,67E-08	5,87E-08
Marcheno	27710,20	0,800	2,366	1,07E-08	6,49E-09	2,06E-09	1,25E-09	6,09E-08	3,69E-08
Marmentino	22379,60	0,793	2,059	8,66E-09	5,24E-09	2,04E-09	1,24E-09	5,30E-08	3,22E-08
Marone	9206,50	0,658	2,413	3,56E-09	2,16E-09	1,69E-09	1,03E-09	6,21E-08	3,77E-08
Mazzano	67942,80	2,053	8,801	2,63E-08	1,59E-08	5,28E-09	3,21E-09	2,26E-07	1,37E-07
Milzano	20529,40	0,739	2,672	7,94E-09	4,81E-09	1,90E-09	1,15E-09	6,88E-08	4,17E-08
Moniga del Garda	38711,30	0,917	2,981	1,50E-08	9,07E-09	2,36E-09	1,43E-09	7,67E-08	4,66E-08
Monno	541,88	0,054	0,137	2,10E-10	1,27E-10	1,39E-10	8,42E-11	3,52E-09	2,14E-09
Monte Isola	25821,60	0,913	3,270	9,99E-09	6,05E-09	2,35E-09	1,43E-09	8,41E-08	5,11E-08
Monticelli Brusati	44930,60	1,551	7,395	1,74E-08	1,05E-08	3,99E-09	2,42E-09	1,90E-07	1,15E-07
Montichiari	55410,00	1,511	7,464	2,14E-08	1,30E-08	3,89E-09	2,36E-09	1,92E-07	1,17E-07
Montirone	63827,90	2,034	10,227	2,47E-08	1,50E-08	5,23E-09	3,18E-09	2,63E-07	1,60E-07
Mura	31641,50	0,887	2,753	1,22E-08	7,41E-09	2,28E-09	1,39E-09	7,09E-08	4,30E-08
Muscoline	61524,20	1,608	7,509	2,38E-08	1,44E-08	4,14E-09	2,51E-09	1,93E-07	1,17E-07
Nave	55728,80	1,174	3,603	2,16E-08	1,31E-08	3,02E-09	1,83E-09	9,27E-08	5,63E-08
Niardo	6666,85	0,625	1,617	2,58E-09	1,56E-09	1,61E-09	9,75E-10	4,16E-08	2,53E-08
Nuvolento	62010,50	1,779	7,834	2,40E-08	1,45E-08	4,58E-09	2,78E-09	2,02E-07	1,22E-07
Nuvolera	58980,60	1,664	7,298	2,28E-08	1,38E-08	4,28E-09	2,60E-09	1,88E-07	1,14E-07
Odolo	82576,50	1,473	7,831	3,20E-08	1,93E-08	3,79E-09	2,30E-09	2,02E-07	1,22E-07
Offlaga	29231,10	0,994	3,686	1,13E-08	6,85E-09	2,56E-09	1,55E-09	9,49E-08	5,76E-08
Ome	46960,10	1,573	7,318	1,82E-08	1,10E-08	4,05E-09	2,46E-09	1,88E-07	1,14E-07
Ono San Pietro	6666,40	0,696	1,630	2,58E-09	1,56E-09	1,79E-09	1,09E-09	4,20E-08	2,55E-08
Orzinuovi	22055,30	0,835	3,607	8,54E-09	5,17E-09	2,15E-09	1,30E-09	9,28E-08	5,63E-08
Orzivecchi	25438,50	0,913	3,862	9,84E-09	5,96E-09	2,35E-09	1,43E-09	9,94E-08	6,03E-08
Ospitaletto	83859,30	3,363	14,861	3,25E-08	1,96E-08	8,65E-09	5,25E-09	3,82E-07	2,32E-07
Ossimo	20867,70	1,085	2,896	8,08E-09	4,89E-09	2,79E-09	1,69E-09	7,45E-08	4,52E-08
Padenghe sul Garda	42332,30	0,977	3,180	1,64E-08	9,92E-09	2,52E-09	1,53E-09	8,18E-08	4,97E-08
Paderno Franciacorta	69686,20	2,667	12,645	2,70E-08	1,63E-08	6,86E-09	4,17E-09	3,25E-07	1,97E-07
Paisco Lovenò	1243,17	0,119	0,322	4,81E-10	2,91E-10	3,07E-10	1,86E-10	8,27E-09	5,02E-09
Paitone	63124,70	1,228	6,210	2,44E-08	1,48E-08	3,16E-09	1,92E-09	1,60E-07	9,70E-08
Palazzolo sull'Oglio	41419,90	1,484	11,060	1,60E-08	9,70E-09	3,82E-09	2,32E-09	2,85E-07	1,73E-07
Paratico	30906,20	1,181	8,758	1,20E-08	7,24E-09	3,04E-09	1,84E-09	2,25E-07	1,37E-07
Paspardo	8340,85	0,891	1,867	3,23E-09	1,95E-09	2,29E-09	1,39E-09	4,80E-08	2,91E-08
Passirano	60117,60	2,253	11,135	2,33E-08	1,41E-08	5,80E-09	3,52E-09	2,87E-07	1,74E-07
Pavone del Mella	22610,20	0,848	2,888	8,75E-09	5,30E-09	2,18E-09	1,32E-09	7,43E-08	4,51E-08
Pertica Alta	22997,50	0,721	2,036	8,90E-09	5,39E-09	1,86E-09	1,13E-09	5,24E-08	3,18E-08

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Pertica Bassa	8682,90	0,550	1,463	3,36E-09	2,03E-09	1,42E-09	8,59E-10	3,76E-08	2,28E-08
Pezzaze	7739,80	0,643	1,701	3,00E-09	1,81E-09	1,66E-09	1,00E-09	4,38E-08	2,66E-08
Pian Camuno	23924,40	1,171	3,437	9,26E-09	5,60E-09	3,01E-09	1,83E-09	8,85E-08	5,37E-08
Piancogno	26567,20	1,379	3,806	1,03E-08	6,22E-09	3,55E-09	2,15E-09	9,79E-08	5,94E-08
Pisogne	8387,50	0,723	2,306	3,25E-09	1,96E-09	1,86E-09	1,13E-09	5,94E-08	3,60E-08
Polaveno	32412,90	1,036	3,228	1,25E-08	7,59E-09	2,67E-09	1,62E-09	8,31E-08	5,04E-08
Polpenazze del Garda	52180,50	1,381	6,489	2,02E-08	1,22E-08	3,55E-09	2,16E-09	1,67E-07	1,01E-07
Pompiano	26646,20	0,932	3,842	1,03E-08	6,24E-09	2,40E-09	1,46E-09	9,89E-08	6,00E-08
Poncarale	64988,60	2,112	10,892	2,52E-08	1,52E-08	5,44E-09	3,30E-09	2,80E-07	1,70E-07
Ponte di Legno	782,29	0,078	0,194	3,03E-10	1,83E-10	2,02E-10	1,22E-10	4,99E-09	3,03E-09
Pontevico	24755,50	0,717	2,875	9,58E-09	5,80E-09	1,85E-09	1,12E-09	7,40E-08	4,49E-08
Pontoglio	39012,70	1,240	10,515	1,51E-08	9,14E-09	3,19E-09	1,94E-09	2,71E-07	1,64E-07
Pozzolengo	25264,10	0,809	2,352	9,78E-09	5,92E-09	2,08E-09	1,26E-09	6,05E-08	3,67E-08
Pralboino	9368,05	0,690	2,531	3,63E-09	2,19E-09	1,78E-09	1,08E-09	6,51E-08	3,95E-08
Preseglie	58321,50	1,411	6,735	2,26E-08	1,37E-08	3,63E-09	2,20E-09	1,73E-07	1,05E-07
Prestine	3723,39	0,341	0,941	1,44E-09	8,72E-10	8,78E-10	5,33E-10	2,42E-08	1,47E-08
Prevalle	65269,20	1,819	8,180	2,53E-08	1,53E-08	4,68E-09	2,84E-09	2,11E-07	1,28E-07
Provaglio d'Iseo	45963,10	1,672	8,461	1,78E-08	1,08E-08	4,30E-09	2,61E-09	2,18E-07	1,32E-07
Provaglio Val Sabbia	30671,60	0,789	2,463	1,19E-08	7,18E-09	2,03E-09	1,23E-09	6,34E-08	3,85E-08
Puegnago sul Garda	49067,00	1,330	6,213	1,90E-08	1,15E-08	3,42E-09	2,08E-09	1,60E-07	9,70E-08
Quinzano d'Oglio	9014,35	0,698	2,803	3,49E-09	2,11E-09	1,80E-09	1,09E-09	7,21E-08	4,38E-08
Remedello	21068,00	0,860	2,607	8,15E-09	4,94E-09	2,21E-09	1,34E-09	6,71E-08	4,07E-08
Rezzato	75950,20	2,332	9,494	2,94E-08	1,78E-08	6,00E-09	3,64E-09	2,44E-07	1,48E-07
Roccafranca	25706,60	0,859	6,218	9,95E-09	6,02E-09	2,21E-09	1,34E-09	1,60E-07	9,71E-08
Rodengo Saiano	67535,70	2,586	12,087	2,61E-08	1,58E-08	6,65E-09	4,04E-09	3,11E-07	1,89E-07
Roè Volciano	45017,60	1,207	3,788	1,74E-08	1,05E-08	3,11E-09	1,88E-09	9,75E-08	5,92E-08
Roncadelle	108983,00	3,811	15,450	4,22E-08	2,55E-08	9,81E-09	5,95E-09	3,98E-07	2,41E-07
Rovato	58749,20	2,012	11,577	2,27E-08	1,38E-08	5,18E-09	3,14E-09	2,98E-07	1,81E-07
Rudiano	31870,80	1,042	7,904	1,23E-08	7,47E-09	2,68E-09	1,63E-09	2,03E-07	1,23E-07
Sabbio Chiese	55387,30	1,234	6,096	2,14E-08	1,30E-08	3,18E-09	1,93E-09	1,57E-07	9,52E-08
Sale Marasino	9662,85	0,660	2,202	3,74E-09	2,26E-09	1,70E-09	1,03E-09	5,67E-08	3,44E-08
Salò	36065,50	0,942	2,999	1,40E-08	8,45E-09	2,43E-09	1,47E-09	7,72E-08	4,68E-08
San Felice del Benaco	33303,40	0,836	2,698	1,29E-08	7,80E-09	2,15E-09	1,31E-09	6,94E-08	4,21E-08
San Gervasio Bresciano	22645,90	0,854	2,997	8,76E-09	5,30E-09	2,20E-09	1,33E-09	7,71E-08	4,68E-08
San Paolo	23432,00	0,856	3,339	9,07E-09	5,49E-09	2,20E-09	1,34E-09	8,59E-08	5,21E-08
San Zeno Naviglio	98949,30	3,066	13,770	3,83E-08	2,32E-08	7,89E-09	4,79E-09	3,54E-07	2,15E-07
Sarezzo	46646,50	1,216	3,579	1,81E-08	1,09E-08	3,13E-09	1,90E-09	9,21E-08	5,59E-08
Savio dell'Adamello	1085,98	0,109	0,266	4,20E-10	2,54E-10	2,81E-10	1,71E-10	6,85E-09	4,16E-09
Sellero	21775,00	1,181	2,472	8,43E-09	5,10E-09	3,04E-09	1,84E-09	6,36E-08	3,86E-08
Seniga	8642,70	0,582	2,407	3,34E-09	2,02E-09	1,50E-09	9,09E-10	6,20E-08	3,76E-08
Serle	55416,00	0,953	3,337	2,14E-08	1,30E-08	2,45E-09	1,49E-09	8,59E-08	5,21E-08
Sirmione	30470,40	0,713	2,341	1,18E-08	7,14E-09	1,84E-09	1,11E-09	6,02E-08	3,66E-08
Soiano del Lago	50546,50	1,322	6,243	1,96E-08	1,18E-08	3,40E-09	2,06E-09	1,61E-07	9,75E-08
Sonico	1226,60	0,122	0,303	4,75E-10	2,87E-10	3,15E-10	1,91E-10	7,80E-09	4,73E-09
Sulzano	27359,20	0,931	3,073	1,06E-08	6,41E-09	2,40E-09	1,45E-09	7,91E-08	4,80E-08
Tavernole sul Mella	7445,05	0,546	1,530	2,88E-09	1,74E-09	1,41E-09	8,53E-10	3,94E-08	2,39E-08

Comune	Concentrazioni medie annue			PCB tot		PCBdl		PCDD	
	PCB-TOT	PCB dl	PCDD/F	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA	R APAT	R EPA
	(fg /m³)	(fg I-TEQ/m³)	(fg I-TEQ/m³)						
Temù	630,45	0,063	0,158	2,44E-10	1,48E-10	1,62E-10	9,83E-11	4,06E-09	2,46E-09
Tignale	2081,72	0,071	0,268	8,06E-10	4,88E-10	1,82E-10	1,11E-10	6,91E-09	4,19E-09
Torbole Casaglia	83581,00	2,808	13,409	3,23E-08	1,96E-08	7,23E-09	4,39E-09	3,45E-07	2,09E-07
Toscolano-Maderno	8981,70	0,353	1,278	3,48E-09	2,10E-09	9,10E-10	5,52E-10	3,29E-08	2,00E-08
Travagliato	74979,90	2,765	12,829	2,90E-08	1,76E-08	7,12E-09	4,32E-09	3,30E-07	2,00E-07
Tremosine	1622,81	0,055	0,201	6,28E-10	3,80E-10	1,42E-10	8,61E-11	5,17E-09	3,14E-09
Trenzano	40339,50	1,316	8,314	1,56E-08	9,45E-09	3,39E-09	2,06E-09	2,14E-07	1,30E-07
Treviso Bresciano	20857,70	0,523	1,635	8,07E-09	4,89E-09	1,34E-09	8,16E-10	4,21E-08	2,55E-08
Urago d'Oglio	36626,00	1,064	9,280	1,42E-08	8,58E-09	2,74E-09	1,66E-09	2,39E-07	1,45E-07
Vallio Terme	75267,20	1,123	6,374	2,91E-08	1,76E-08	2,89E-09	1,75E-09	1,64E-07	9,95E-08
Valvestino	4497,05	0,200	0,654	1,74E-09	1,05E-09	5,13E-10	3,12E-10	1,68E-08	1,02E-08
Verolanuova	24060,30	0,929	3,299	9,31E-09	5,64E-09	2,39E-09	1,45E-09	8,49E-08	5,15E-08
Verolavecchia	20105,00	0,752	2,877	7,78E-09	4,71E-09	1,93E-09	1,17E-09	7,40E-08	4,49E-08
Vestone	33992,30	1,070	3,127	1,32E-08	7,96E-09	2,75E-09	1,67E-09	8,05E-08	4,88E-08
Veza d'Oglio	605,14	0,060	0,152	2,34E-10	1,42E-10	1,55E-10	9,43E-11	3,91E-09	2,37E-09
Villa Carcina	59222,50	1,603	7,108	2,29E-08	1,39E-08	4,12E-09	2,50E-09	1,83E-07	1,11E-07
Villachiarà	7894,60	0,593	2,829	3,06E-09	1,85E-09	1,53E-09	9,26E-10	7,28E-08	4,42E-08
Villanuova sul Clisi	56618,30	1,317	6,430	2,19E-08	1,33E-08	3,39E-09	2,06E-09	1,65E-07	1,00E-07
Vione	554,53	0,055	0,140	2,15E-10	1,30E-10	1,42E-10	8,63E-11	3,60E-09	2,18E-09
Visano	27514,90	1,019	3,164	1,06E-08	6,45E-09	2,62E-09	1,59E-09	8,14E-08	4,94E-08
Vobarno	23588,90	0,517	1,726	9,13E-09	5,53E-09	1,33E-09	8,08E-10	4,44E-08	2,70E-08
Zone	6451,45	0,453	1,504	2,50E-09	1,51E-09	1,17E-09	7,08E-10	3,87E-08	2,35E-08

Nessun comune presenta per PCB Tot., per PCB-DL e per TCDD valori superiori all'HQ di riferimento, pari ad 1.

Per quanto riguarda gli effetti cancerogeni i comuni che costantemente evidenziano maggiori valori di R per tutti e tre i POPs in esame risultano: Brescia, Roncadelle, Castel Mella, Castegnato, Ospitaletto, Flero, San Zeno Naviglio, Torbole Casaglia, Borgosatollo, Travagliato, Paderno Franciacorta, Cellatica, Rodengo Saiano, Brescia, Cazzago San Martino, Coccaglio, Gussago. Esiste per tutti i POPs considerati un gradiente decrescente zona sud-ovest dell'hinterland bresciano - Città - zona Pedemontana/Garda – zona valli. Nessun comune si colloca per PCB Tot., per PCB-DL e per PCDD/F al di sopra di condizioni di rischio non accettabile, pari a 1×10^{-6} .

Confrontando i valori di PCB e PCDD/F la città di Brescia e i comuni di Roncadelle e Castelmella si collocano nelle prime 3 posizioni per tutti e tre i gruppi di POPs considerati. Il comune di Rezzato si colloca alla 13° posizione per i PCB tot., 17° per i PCB dl e 36° per per i PCDD/F, sia per il rischio tossicologico generale che per quello cancerogeno.

Nelle due tabelle sottostanti vengono riportati i 25 comuni della provincia secondo la gerarchia degli HQ per il rischio tossicologico generale e per il rischio cancerogeno.

Tabella 4: Comuni della Provincia di Brescia con HQ (rischio tossicologico) maggiore.

Comune	PCB-TOT		Comune	PCBdl		Comune	PCDD/F	
	HQ APAT	HQ EPA		HQ APAT	HQ EPA		HQ APAT	HQ EPA
Brescia	3,077E-3	2,849E-3	Brescia	1,027E-5	9,482E-6	Brescia	5,121E-4	4,730E-4
Roncadelle	1,612E-3	1,493E-3	Roncadelle	9,891E-6	9,135E-6	Castel Mella	4,177E-4	3,858E-4
Castel Mella	1,517E-3	1,405E-3	Castegnato	9,084E-6	8,390E-6	Roncadelle	4,010E-4	3,704E-4
San Zeno Naviglio	1,464E-3	1,355E-3	Ospitaletto	8,728E-6	8,061E-6	Castegnato	3,962E-4	3,660E-4
Borgosatollo	1,421E-3	1,316E-3	Castel Mella	8,669E-6	8,007E-6	Ospitaletto	3,857E-4	3,563E-4
Flero	1,330E-3	1,232E-3	Cellatica	8,061E-6	7,445E-6	Flero	3,663E-4	3,383E-4
Castegnato	1,310E-3	1,213E-3	San Zeno Naviglio	7,958E-6	7,350E-6	San Zeno Naviglio	3,574E-4	3,301E-4
Ospitaletto	1,241E-3	1,149E-3	Borgosatollo	7,751E-6	7,159E-6	Torbole Casaglia	3,480E-4	3,215E-4
Torbole Casaglia	1,237E-3	1,145E-3	Cividate Camuno	7,535E-6	6,959E-6	Borgosatollo	3,466E-4	3,202E-4
Odolo	1,222E-3	1,131E-3	Flero	7,446E-6	6,877E-6	Travagliato	3,330E-4	3,075E-4
Cellatica	1,204E-3	1,115E-3	Torbole Casaglia	7,288E-6	6,732E-6	Paderno Franciacorta	3,282E-4	3,031E-4
Castenedolo	1,144E-3	1,059E-3	Travagliato	7,178E-6	6,630E-6	Cellatica	3,239E-4	2,991E-4
Rezzato	1,124E-3	1,040E-3	Paderno Franciacorta	6,923E-6	6,394E-6	Rodengo Saiano	3,137E-4	2,898E-4
Vallio Terme	1,114E-3	1,031E-3	Collebeato	6,916E-6	6,388E-6	Chiari	3,059E-4	2,826E-4
Travagliato	1,109E-3	1,027E-3	Gussago	6,797E-6	6,277E-6	Cazzago San Martino	3,011E-4	2,781E-4
Collebeato	1,102E-3	1,021E-3	Rodengo Saiano	6,711E-6	6,198E-6	Rovato	3,005E-4	2,775E-4
Agnosine	1,073E-3	9,935E-4	Rezzato	6,052E-6	5,589E-6	Coccaglio	2,988E-4	2,759E-4
Gussago	1,044E-3	9,668E-4	Castenedolo	6,017E-6	5,558E-6	Gussago	2,966E-4	2,740E-4
Paderno Franciacorta	1,031E-3	9,546E-4	Passirano	5,848E-6	5,401E-6	Cividate Camuno	2,922E-4	2,699E-4
Mazzano	1,005E-3	9,307E-4	Cazzago San Martino	5,799E-6	5,356E-6	Passirano	2,890E-4	2,669E-4
Gavardo	1,001E-3	9,268E-4	Poncarale	5,483E-6	5,064E-6	Palazzolo sull'Oglio	2,871E-4	2,651E-4
Rodengo Saiano	9,992E-4	9,251E-4	Mazzano	5,327E-6	4,920E-6	Poncarale	2,827E-4	2,611E-4
Calcinato	9,891E-4	9,158E-4	Montirone	5,278E-6	4,875E-6	Castenedolo	2,798E-4	2,584E-4
Prevalle	9,656E-4	8,941E-4	Rovato	5,223E-6	4,824E-6	Cologne	2,772E-4	2,560E-4
Poncarale	9,615E-4	8,903E-4	Malegno	5,060E-6	4,673E-6	Pontoglio	2,729E-4	2,521E-4

Tabella 5: Comuni della Provincia di Brescia con R (rischio cancerogeno) maggiore.

Comune	PCB-TOT		Comune	PCBdl		Comune	PCDD/F	
	R APAT	R EPA		R APAT	R EPA		R APAT	R EPA
Brescia	8,05E-8	4,87E-8	Brescia	1,02E-8	6,18E-9	Brescia	5,08E-7	3,08E-7
Roncadelle	4,22E-8	2,55E-8	Roncadelle	9,81E-9	5,95E-9	Castel Mella	4,14E-7	2,51E-7
Castel Mella	3,97E-8	2,40E-8	Castegnato	9,01E-9	5,47E-9	Roncadelle	3,98E-7	2,41E-7
San Zeno Naviglio	3,83E-8	2,32E-8	Ospitaletto	8,65E-9	5,25E-9	Castegnato	3,93E-7	2,38E-7
Borgosatollo	3,72E-8	2,25E-8	Castel Mella	8,60E-9	5,22E-9	Ospitaletto	3,82E-7	2,32E-7
Flero	3,48E-8	2,11E-8	Cellatica	7,99E-9	4,85E-9	Flero	3,63E-7	2,20E-7
Castegnato	3,43E-8	2,07E-8	San Zeno Naviglio	7,89E-9	4,79E-9	San Zeno Naviglio	3,54E-7	2,15E-7
Ospitaletto	3,25E-8	1,96E-8	Borgosatollo	7,69E-9	4,66E-9	Torbole Casaglia	3,45E-7	2,09E-7
Torbole Casaglia	3,23E-8	1,96E-8	Cividate Camuno	7,47E-9	4,53E-9	Borgosatollo	3,44E-7	2,09E-7
Odolo	3,20E-8	1,93E-8	Flero	7,38E-9	4,48E-9	Travagliato	3,30E-7	2,00E-7
Cellatica	3,15E-8	1,91E-8	Torbole Casaglia	7,23E-9	4,39E-9	Paderno Franciacorta	3,25E-7	1,97E-7
Castenedolo	2,99E-8	1,81E-8	Travagliato	7,12E-9	4,32E-9	Cellatica	3,21E-7	1,95E-7
Rezzato	2,94E-8	1,78E-8	Paderno Franciacorta	6,86E-9	4,17E-9	Rodengo Saiano	3,11E-7	1,89E-7
Vallio Terme	2,91E-8	1,76E-8	Collebeato	6,86E-9	4,16E-9	Chiari	3,03E-7	1,84E-7
Travagliato	2,90E-8	1,76E-8	Gussago	6,74E-9	4,09E-9	Cazzago San Martino	2,99E-7	1,81E-7
Collebeato	2,88E-8	1,75E-8	Rodengo Saiano	6,65E-9	4,04E-9	Rovato	2,98E-7	1,81E-7
Agnosine	2,81E-8	1,70E-8	Rezzato	6,00E-9	3,64E-9	Coccaglio	2,96E-7	1,80E-7
Gussago	2,73E-8	1,65E-8	Castenedolo	5,97E-9	3,62E-9	Gussago	2,94E-7	1,78E-7
Paderno Franciacorta	2,70E-8	1,63E-8	Passirano	5,80E-9	3,52E-9	Cividate Camuno	2,90E-7	1,76E-7
Mazzano	2,63E-8	1,59E-8	Cazzago San Martino	5,75E-9	3,49E-9	Passirano	2,87E-7	1,74E-7
Gavardo	2,62E-8	1,58E-8	Poncarale	5,44E-9	3,30E-9	Palazzolo sull'Oglio	2,85E-7	1,73E-7
Rodengo Saiano	2,61E-8	1,58E-8	Mazzano	5,28E-9	3,21E-9	Poncarale	2,80E-7	1,70E-7
Calcinato	2,59E-8	1,57E-8	Montirone	5,23E-9	3,18E-9	Castenedolo	2,77E-7	1,68E-7
Prevalle	2,53E-8	1,53E-8	Rovato	5,18E-9	3,14E-9	Cologne	2,75E-7	1,67E-7
Poncarale	2,52E-8	1,52E-8	Malegno	5,02E-9	3,04E-9	Pontoglio	2,71E-7	1,64E-7

4.2 Risultati delle elaborazioni statistico-epidemiologiche

Confronto della provincia di Brescia rispetto alle altre provincie italiane

Nelle tabelle seguenti sono presentati il primo e l'ultimo tasso di mortalità standardizzato disponibile per ciascun gruppo di patologie oggetto di interesse, suddiviso per ogni provincia italiana.

Tabella 6: Tasso standardizzato di mortalità per tumore maligno di trachea, bronchi e polmoni - Maschi.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Napoli	13,85	2003	11,93	2014
Caserta	11,03	2003	10,34	2014
Sondrio	12,67	2003	9,89	2014
Lecce	12,05	2003	9,58	2014
Roma	12,24	2003	9,26	2014
Frosinone	8,68	2003	9,25	2014
Caltanissetta	10,25	2003	9,24	2014
Piacenza	10,5	2003	8,97	2014
Verbano-Cusio-Ossola	9,94	2003	8,88	2014
Pavia	12,71	2003	8,83	2014
Latina	9,37	2003	8,78	2014
Rovigo	15,01	2003	8,74	2014
Ferrara	12,94	2003	8,71	2014
Venezia	12,99	2003	8,67	2014
Cagliari	11,45	2003	8,65	2014
Vercelli	8,92	2003	8,64	2014
Brescia	12,83	2003	8,58	2014
Novara	13,67	2003	8,52	2014
Lucca	10,93	2003	8,49	2014
Salerno	9,8	2003	8,47	2014
Livorno	11,93	2003	8,42	2014
Reggio nell'Emilia	11,05	2003	8,32	2014
Ascoli Piceno	7,7	2003	8,3	2014
Benevento	8,11	2003	8,28	2014
Siracusa	6,96	2003	8,28	2014
Lecco	10,87	2003	8,2	2014
Milano	11,65	2003	8,11	2014
Modena	9,77	2003	8,09	2014
Torino	10,97	2003	8,08	2014
Viterbo	10,78	2003	8,04	2014
Pistoia	9,47	2003	8,03	2014
Prato	11,44	2003	8,02	2014
Crotone	6,06	2003	7,99	2014
Mantova	10	2003	7,97	2014
Olbia-Tempio	0	2004	7,97	2014
Monza e della Brianza	0	2004	7,96	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Massa-Carrara	13,2	2003	7,96	2014
Lodi	14,58	2003	7,87	2014
Avellino	9,71	2003	7,86	2014
Cremona	11,13	2003	7,85	2014
Palermo	8,61	2003	7,85	2014
Italia	12,02	1980	7,85	2016
Cuneo	8,15	2003	7,82	2014
Como	12,14	2003	7,78	2014
Savona	9,9	2003	7,71	2014
Forlì-Cesena	11,15	2003	7,65	2014
Varese	11,16	2003	7,64	2014
Sassari	9,38	2003	7,63	2014
Taranto	9,25	2003	7,62	2014
Ragusa	7,8	2003	7,56	2014
Oristano	8,06	2003	7,53	2014
Bergamo	13,32	2003	7,5	2014
Catania	8,95	2003	7,49	2014
Firenze	9,41	2003	7,46	2014
Teramo	8,88	2003	7,46	2014
Reggio di Calabria	7,06	2003	7,43	2014
Gorizia	9,35	2003	7,42	2014
Genova	10,31	2003	7,42	2014
Padova	11,39	2003	7,38	2014
Trieste	9,65	2003	7,38	2014
Aosta	10,94	2003	7,35	2014
La Spezia	10,08	2003	7,35	2014
Rieti	7,19	2003	7,34	2014
Brindisi	10,21	2003	7,34	2014
Grosseto	11,13	2003	7,33	2014
Fermo	0	2004	7,33	2014
Imperia	10,48	2003	7,31	2014
Asti	10,63	2003	7,29	2014
Arezzo	9,28	2003	7,29	2014
Pisa	11,89	2003	7,28	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	7,26	2014
Messina	9,77	2003	7,21	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Macerata	8,67	2003	7,18	2014
Medio-Campitano	0	2004	7,16	2014
Belluno	12,61	2003	7,14	2014
Agrigento	8,26	2003	7,12	2014
Alessandria	11,63	2003	7,11	2014
Foggia	8,19	2003	7,1	2014
Ravenna	10,66	2003	7,07	2014
Bologna	10,05	2003	7,01	2014
Pordenone	10,41	2003	6,89	2014
Parma	9,81	2003	6,89	2014
Siena	7,48	2003	6,89	2014
Trento	9,7	2003	6,87	2014
Enna	7,09	2003	6,84	2014
Pesaro e Urbino	9,37	2003	6,82	2014
Biella	11,03	2003	6,81	2014
Perugia	7,86	2003	6,81	2014
Trapani	9,11	2003	6,8	2014
Chieti	6,4	2003	6,77	2014
Vicenza	9,73	2003	6,74	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	6,62	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Rimini	9,93	2003	6,61	2014
Verona	10,94	2003	6,55	2014
Bari	8,71	2003	6,55	2014
Pescara	7,7	2003	6,52	2014
Udine	9,73	2003	6,4	2014
Terni	8,59	2003	6,22	2014
Ancona	9,92	2003	6,13	2014
Potenza	6,17	2003	6,08	2014
Treviso	9,78	2003	6,03	2014
Catanzaro	6,49	2003	6,01	2014
L'Aquila	6,69	2003	5,89	2014
Matera	7,83	2003	5,84	2014
Campobasso	5,98	2003	5,59	2014
Cosenza	5,72	2003	5,52	2014
Bolzano	7,3	2003	5,41	2014
Vibo Valentia	7,39	2003	5,19	2014
Nuoro	7,84	2003	4,85	2014
Ogliastra	0	2004	4,3	2014
Isernia	6,37	2003	4,06	2014

Tabella.7: Tasso standardizzato di mortalità per tumore maligno di trachea, bronchi e polmoni - Femmine.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Trieste	2,79	2003	3,79	2014
Roma	2,92	2003	3,45	2014
Aosta	1,18	2003	3,42	2014
Sassari	1,66	2003	3,26	2014
Belluno	2,46	2003	3,17	2014
Lucca	2,37	2003	3,08	2014
Siena	1,21	2003	3,07	2014
Ravenna	2,12	2003	3,02	2014
Sondrio	1,5	2003	3,01	2014
Biella	2,32	2003	3	2014
Gorizia	2,09	2003	2,93	2014
Modena	1,88	2003	2,93	2014
Lodi	3,14	2003	2,92	2014
Milano	2,37	2003	2,91	2014
Genova	2,15	2003	2,85	2014
Napoli	2,04	2003	2,79	2014
Cagliari	1,27	2003	2,76	2014
Pistoia	3,19	2003	2,73	2014
Macerata	1,86	2003	2,71	2014
Pavia	1,88	2003	2,7	2014
Cremona	2,41	2003	2,69	2014
Brescia	2,26	2003	2,67	2014
Bologna	2,33	2003	2,64	2014
Pordenone	2,19	2003	2,62	2014
Forlì-Cesena	2,08	2003	2,62	2014
Firenze	2,41	2003	2,59	2014
Ferrara	2,14	2003	2,54	2014
Verona	1,92	2003	2,53	2014
Reggio nell'Emilia	2,07	2003	2,53	2014
Piacenza	2,7	2003	2,51	2014
Padova	2,12	2003	2,49	2014
Bergamo	2,45	2003	2,46	2014
Monza e della Brianza	0	2004	2,46	2014
Asti	2,25	2003	2,45	2014
Torino	2,25	2003	2,43	2014
Terni	2,25	2003	2,42	2014
Viterbo	2,26	2003	2,4	2014
Alessandria	2,07	2003	2,39	2014
Varese	1,89	2003	2,37	2014
Pesaro e Urbino	1,38	2003	2,37	2014
Rimini	2,5	2003	2,35	2014
Ascoli Piceno	1,44	2003	2,35	2014
Parma	2,45	2003	2,34	2014
Latina	1,85	2003	2,33	2014
Livorno	1,64	2003	2,32	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Perugia	1,35	2003	2,32	2014
Vercelli	2,05	2003	2,31	2014
Massa-Carrara	2,07	2003	2,31	2014
Palermo	1,47	2003	2,3	2014
Italia	1,62	1980	2,3	2016
Venezia	2,6	2003	2,29	2014
Como	1,54	2003	2,24	2014
Vicenza	2,16	2003	2,24	2014
Pisa	1,53	2003	2,24	2014
Lecco	1,95	2003	2,23	2014
Savona	1,46	2003	2,23	2014
Udine	2,09	2003	2,21	2014
Verbano-Cusio-Ossola	2,02	2003	2,19	2014
Frosinone	1,44	2003	2,17	2014
Mantova	2,04	2003	2,12	2014
Prato	1,88	2003	2,11	2014
Oristano	0,78	2003	2,1	2014
Caserta	1,56	2003	2,05	2014
Trento	2,01	2003	2,03	2014
Ancona	2,04	2003	2,03	2014
Cuneo	2,1	2003	2,02	2014
Novara	1,77	2003	1,97	2014
Siracusa	1,07	2003	1,97	2014
Bolzano	1,59	2003	1,9	2014
La Spezia	2,2	2003	1,89	2014
Olbia-Tempio	0	2004	1,87	2014
Treviso	2,12	2003	1,86	2014
Fermo	0	2004	1,85	2014
Teramo	1,14	2003	1,83	2014
Avellino	1,28	2003	1,78	2014
Messina	1,24	2003	1,75	2014
Imperia	1,77	2003	1,69	2014
Rovigo	1,83	2003	1,66	2014
Isernia	0,77	2003	1,65	2014
Arezzo	1,35	2003	1,62	2014
Rieti	1,16	2003	1,62	2014
Agrigento	0,85	2003	1,61	2014
Nuoro	0,91	2003	1,59	2014
Campobasso	0,36	2003	1,57	2014
Salerno	1,22	2003	1,57	2014
Benevento	1,4	2003	1,52	2014
Lecce	0,98	2003	1,43	2014
Brindisi	1,09	2003	1,42	2014
Catania	1,42	2003	1,41	2014
L'Aquila	0,9	2003	1,37	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Taranto	1,39	2003	1,37	2014
Caltanissetta	0,98	2003	1,37	2014
Pescara	0,94	2003	1,36	2014
Trapani	0,78	2003	1,35	2014
Catanzaro	0,37	2003	1,32	2014
Crotone	0,73	2003	1,32	2014
Grosseto	2,18	2003	1,31	2014
Matera	0,94	2003	1,28	2014
Bari	1,12	2003	1,24	2014
Ragusa	1,11	2003	1,23	2014
Enna	1,08	2003	1,2	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Barletta-Andria-Trani	0	2004	1,18	2014
Reggio di Calabria	0,76	2003	1,15	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	1,15	2014
Foggia	0,91	2003	1,08	2014
Chieti	1,17	2003	1,05	2014
Cosenza	0,84	2003	1,04	2014
Potenza	0,41	2003	0,89	2014
Medio-Campitano	0	2004	0,77	2014
Ogliastra	0	2004	0,63	2014
Vibo Valentia	0,77	2003	0,49	2014

Tabella. 8: Tasso standardizzato di mortalità per tumore maligno linfoematopoietico - Maschi.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Gorizia	2,22	2003	5,13	2014
Nuoro	3,27	2003	3,83	2014
Isernia	2,62	2003	3,61	2014
Massa-Carrara	3,4	2003	3,56	2014
Ancona	2,85	2003	3,49	2014
Olbia-Tempio	0	2004	3,43	2014
Sassari	2,55	2003	3,34	2014
Alessandria	2,89	2003	3,33	2014
Rimini	2,76	2003	3,18	2014
Pavia	3,45	2003	3,16	2014
Ragusa	2,61	2003	3,16	2014
Udine	3,15	2003	3,1	2014
Latina	3,61	2003	3,03	2014
Oristano	2,47	2003	3,02	2014
Macerata	2,36	2003	2,99	2014
Ravenna	2,79	2003	2,98	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	2,96	2014
Ferrara	2,59	2003	2,94	2014
Imperia	2,81	2003	2,92	2014
Monza e della Brianza	0	2004	2,9	2014
Varese	2,9	2003	2,89	2014
Padova	3,01	2003	2,89	2014
Perugia	2,93	2003	2,89	2014
Novara	2,87	2003	2,88	2014
Como	3,26	2003	2,88	2014
Genova	3	2003	2,88	2014
Roma	2,92	2003	2,88	2014
Campobasso	2,96	2003	2,87	2014
Lodi	2,67	2003	2,85	2014
Teramo	2,8	2003	2,84	2014
Cagliari	2,74	2003	2,84	2014
Torino	2,76	2003	2,83	2014
Caserta	3,14	2003	2,81	2014
Cuneo	2,52	2003	2,8	2014
Verbano-Cusio-Ossola	2,82	2003	2,79	2014
Reggio nell'Emilia	3,28	2003	2,77	2014
Prato	2,26	2003	2,76	2014
Mantova	2,71	2003	2,73	2014
Trento	2,85	2003	2,73	2014
Sondrio	2,84	2003	2,72	2014
Chieti	2,59	2003	2,7	2014
Pesaro e Urbino	3,2	2003	2,69	2014
Viterbo	2,07	2003	2,69	2014
Trapani	2,83	2003	2,69	2014
Bergamo	2,84	2003	2,67	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Parma	2,96	2003	2,67	2014
Matera	2,21	2003	2,64	2014
Lucca	3,4	2003	2,63	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	2,63	2014
Modena	2,72	2003	2,61	2014
Brindisi	3,5	2003	2,61	2014
Catania	2,82	2003	2,61	2014
Milano	3,34	2003	2,6	2014
Taranto	3,16	2003	2,6	2014
Cremona	3,46	2003	2,59	2014
Italia	2,81	1980	2,59	2016
Ascoli Piceno	2,74	2003	2,57	2014
Bari	3,01	2003	2,56	2014
Lecce	2,45	2003	2,55	2014
Verona	2,65	2003	2,54	2014
Messina	2,76	2003	2,52	2014
Arezzo	2,85	2003	2,5	2014
Venezia	2,82	2003	2,49	2014
Pisa	3	2003	2,49	2014
Enna	3,28	2003	2,47	2014
Pescara	2,93	2003	2,44	2014
Treviso	2,83	2003	2,42	2014
Piacenza	2,48	2003	2,42	2014
Pistoia	1,83	2003	2,42	2014
L'Aquila	2,65	2003	2,42	2014
Frosinone	2,42	2003	2,41	2014
Firenze	2,82	2003	2,4	2014
Rieti	2,6	2003	2,37	2014
Medio-Campitano	0	2004	2,36	2014
Forlì-Cesena	3,44	2003	2,35	2014
Fermo	0	2004	2,34	2014
Vicenza	2,76	2003	2,32	2014
Bologna	2,87	2003	2,31	2014
Napoli	2,71	2003	2,31	2014
Vercelli	2,84	2003	2,29	2014
Aosta	2,91	2003	2,26	2014
Cosenza	2,44	2003	2,23	2014
Salerno	2,84	2003	2,21	2014
Crotone	1,98	2003	2,2	2014
Biella	2,27	2003	2,19	2014
La Spezia	3,66	2003	2,18	2014
Siena	2,79	2003	2,18	2014
Palermo	2,68	2003	2,18	2014
Grosseto	2,52	2003	2,16	2014
Agrigento	2,43	2003	2,14	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Pordenone	2,49	2003	2,13	2014
Brescia	3,22	2003	2,12	2014
Caltanissetta	2,29	2003	2,12	2014
Catanzaro	3,02	2003	2,11	2014
Foggia	3,01	2003	2,1	2014
Bolzano	3,03	2003	2,06	2014
Benevento	3,06	2003	2,04	2014
Livorno	2,9	2003	2,01	2014
Belluno	2,75	2003	2	2014
Avellino	2,2	2003	1,99	2014
Asti	2,26	2003	1,91	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Lecco	3,42	2003	1,91	2014
Savona	3,48	2003	1,89	2014
Siracusa	2,88	2003	1,89	2014
Trieste	2,4	2003	1,83	2014
Ogliastra	0	2004	1,82	2014
Terni	3,36	2003	1,8	2014
Rovigo	3,26	2003	1,77	2014
Potenza	2,48	2003	1,72	2014
Vibo Valentia	1,41	2003	1,7	2014
Reggio di Calabria	2,62	2003	1,64	2014

Tabella 9: Tasso standardizzato di mortalità per tumore maligno linfomatoide - Femmine.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Pesaro e Urbino	1,4	2003	2,47	2014
Ogliastro	0	2004	2,31	2014
Ravenna	1,63	2003	2,25	2014
Prato	1,92	2003	2,16	2014
Novara	1,41	2003	2,15	2014
Isernia	1,64	2003	2,14	2014
Campobasso	2,46	2003	2,1	2014
Pisa	2,38	2003	2,09	2014
Oristano	2,11	2003	1,96	2014
Como	1,95	2003	1,89	2014
Piacenza	2,11	2003	1,89	2014
Rovigo	1,45	2003	1,87	2014
Roma	2,13	2003	1,84	2014
Modena	1,74	2003	1,83	2014
Cuneo	1,61	2003	1,81	2014
Livorno	2,2	2003	1,81	2014
Terni	1,25	2003	1,81	2014
Latina	1,96	2003	1,81	2014
Torino	1,65	2003	1,78	2014
Ferrara	1,5	2003	1,76	2014
Lucca	1,92	2003	1,76	2014
Parma	1,94	2003	1,75	2014
Alessandria	2,21	2003	1,74	2014
Mantova	1,96	2003	1,74	2014
Bari	1,82	2003	1,71	2014
Firenze	1,57	2003	1,7	2014
Perugia	1,75	2003	1,69	2014
Pescara	1,46	2003	1,69	2014
Milano	2,09	2003	1,68	2014
Napoli	1,81	2003	1,67	2014
Siracusa	1,1	2003	1,67	2014
Pordenone	1,79	2003	1,66	2014
Ascoli Piceno	1,59	2003	1,66	2014
Frosinone	1,65	2003	1,66	2014
Bologna	1,61	2003	1,64	2014
Catanzaro	1,42	2003	1,64	2014
Biella	1,79	2003	1,63	2014
Vicenza	2	2003	1,63	2014
Padova	2,16	2003	1,63	2014
Messina	1,75	2003	1,63	2014
Verona	1,47	2003	1,6	2014
Taranto	1,85	2003	1,6	2014
Italia	1,79	1980	1,59	2016
Asti	2,4	2003	1,58	2014
Venezia	1,96	2003	1,58	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Brindisi	1,46	2003	1,58	2014
Ragusa	1,72	2003	1,57	2014
Teramo	0,98	2003	1,56	2014
Varese	2,28	2003	1,55	2014
Trento	2,04	2003	1,55	2014
Caserta	1,3	2003	1,55	2014
Monza e della Brianza	0	2004	1,54	2014
Ancona	1,67	2003	1,53	2014
Fermo	0	2004	1,53	2014
Avellino	1,62	2003	1,53	2014
Belluno	1,6	2003	1,52	2014
Arezzo	1,27	2003	1,52	2014
Lodi	2,3	2003	1,51	2014
Cagliari	1,84	2003	1,51	2014
Reggio di Calabria	1,96	2003	1,5	2014
Catania	1,74	2003	1,5	2014
Olbia-Tempio	0	2004	1,49	2014
Pavia	2,24	2003	1,48	2014
Trieste	1,74	2003	1,48	2014
Imperia	2,05	2003	1,48	2014
Forlì-Cesena	2,03	2003	1,48	2014
Viterbo	2,09	2003	1,48	2014
Bergamo	2,49	2003	1,47	2014
Genova	2,23	2003	1,47	2014
Massa-Carrara	2,29	2003	1,45	2014
Rimini	1,31	2003	1,44	2014
Lecce	1,68	2003	1,44	2014
Palermo	1,43	2003	1,44	2014
Medio-Campitano	0	2004	1,44	2014
Treviso	2,09	2003	1,42	2014
Sassari	1,68	2003	1,41	2014
Aosta	1,3	2003	1,4	2014
Potenza	1,58	2003	1,38	2014
Brescia	2,13	2003	1,37	2014
Grosseto	2	2003	1,37	2014
Foggia	1,48	2003	1,37	2014
Reggio nell'Emilia	1,65	2003	1,35	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	1,34	2014
Sondrio	2,12	2003	1,33	2014
Lecco	2,23	2003	1,32	2014
Rieti	1,9	2003	1,32	2014
Salerno	1,9	2003	1,32	2014
Savona	1,91	2003	1,31	2014
L'Aquila	2,24	2003	1,31	2014
Enna	1,55	2003	1,3	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Nuoro	1,91	2003	1,29	2014
Cremona	2,5	2003	1,28	2014
Udine	1,66	2003	1,28	2014
Agrigento	1,73	2003	1,28	2014
Chieti	1,8	2003	1,26	2014
Cosenza	1,14	2003	1,23	2014
Macerata	1,65	2003	1,22	2014
Siena	1,73	2003	1,21	2014
Gorizia	1,86	2003	1,18	2014
Benevento	1,69	2003	1,17	2014
Vercelli	2,82	2003	1,15	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Pistoia	2,11	2003	1,13	2014
Bolzano	2,14	2003	1,12	2014
Crotone	2,05	2003	1,12	2014
Trapani	1,55	2003	1,11	2014
Matera	1,27	2003	1,09	2014
Caltanissetta	1,37	2003	1,06	2014
Verbano-Cusio-Ossola	1,43	2003	0,91	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	0,8	2014
La Spezia	1,86	2003	0,75	2014
Vibo Valentia	1,44	2003	0,62	2014

Tabella 10: Tasso standardizzato di mortalità per cardiopatie ischemiche - Maschi.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Napoli	22,25	2003	17,96	2014
Campobasso	18,04	2003	16,33	2014
L'Aquila	16,61	2003	15,44	2014
Rieti	24,13	2003	15,34	2014
Chieti	20,13	2003	14,86	2014
Isernia	18,9	2003	14,7	2014
Enna	18,35	2003	14,29	2014
Salerno	18,27	2003	14,23	2014
Matera	20,1	2003	14,2	2014
Benevento	20,53	2003	14,16	2014
Pescara	17,71	2003	14,15	2014
Caserta	20,58	2003	13,95	2014
Messina	16,32	2003	13,89	2014
Frosinone	16,48	2003	13,71	2014
Crotone	15,41	2003	13,6	2014
Agrigento	17,13	2003	13,58	2014
Catanzaro	15,97	2003	13,48	2014
Perugia	21,74	2003	13,33	2014
Ferrara	21,3	2003	13,31	2014
Roma	22,61	2003	13,27	2014
Vibo Valentia	14,96	2003	13,21	2014
Viterbo	19,39	2003	13,17	2014
Fermo	0	2004	13	2014
Brescia	24,03	2003	12,84	2014
Forlì-Cesena	20,09	2003	12,8	2014
Novara	18,68	2003	12,78	2014
Verbano-Cusio-Ossola	17,12	2003	12,68	2014
Pavia	17,52	2003	12,67	2014
Piacenza	18,95	2003	12,58	2014
Sondrio	19,13	2003	12,57	2014
La Spezia	16,91	2003	12,55	2014
Belluno	18,53	2003	12,51	2014
Rovigo	21,42	2003	12,49	2014
Pordenone	21,18	2003	12,49	2014
Avellino	17,62	2003	12,47	2014
Varese	20,75	2003	12,41	2014
Trieste	24,05	2003	12,37	2014
Bolzano	21,19	2003	12,26	2014
Latina	19,84	2003	12,24	2014
Reggio di Calabria	15,82	2003	12,03	2014
Lucca	18,04	2003	11,97	2014
Brindisi	20,27	2003	11,96	2014
Padova	19,26	2003	11,95	2014
Mantova	18,88	2003	11,92	2014
Catania	18,06	2003	11,91	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Taranto	16,99	2003	11,89	2014
Vicenza	19,78	2003	11,83	2014
Pesaro e Urbino	20,26	2003	11,83	2014
Italia	21,87	1980	11,74	2016
Parma	19,98	2003	11,72	2014
Macerata	15,5	2003	11,69	2014
Trento	20,87	2003	11,68	2014
Massa-Carrara	15,9	2003	11,68	2014
Palermo	15,13	2003	11,68	2014
Nuoro	17,19	2003	11,66	2014
Bergamo	22,57	2003	11,65	2014
Genova	15,02	2003	11,6	2014
Ancona	19,38	2003	11,51	2014
Ragusa	14,61	2003	11,39	2014
Bari	15,32	2003	11,37	2014
Siracusa	16,71	2003	11,37	2014
Pistoia	16,63	2003	11,33	2014
Udine	20,19	2003	11,21	2014
Venezia	18,63	2003	11,18	2014
Foggia	18,88	2003	11,16	2014
Teramo	19,14	2003	11,14	2014
Cosenza	18,04	2003	11,13	2014
Gorizia	26,25	2003	11,11	2014
Pisa	17,82	2003	11,01	2014
Modena	17,35	2003	11	2014
Alessandria	14,23	2003	10,92	2014
Asti	17,42	2003	10,86	2014
Rimini	20,4	2003	10,79	2014
Cremona	21,33	2003	10,75	2014
Terni	21,52	2003	10,75	2014
Lodi	19,27	2003	10,72	2014
Como	18,31	2003	10,68	2014
Treviso	19,77	2003	10,67	2014
Biella	15,05	2003	10,63	2014
Savona	19,88	2003	10,56	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	10,51	2014
Cuneo	12,69	2003	10,45	2014
Livorno	18,81	2003	10,38	2014
Caltanissetta	15,2	2003	10,37	2014
Ascoli Piceno	18,28	2003	10,32	2014
Sassari	16,91	2003	10,25	2014
Lecce	16,86	2003	10,24	2014
Verona	17,36	2003	10,15	2014
Bologna	18,32	2003	10,15	2014
Milano	19,34	2003	10,1	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Trapani	16,58	2003	10,05	2014
Ravenna	18,19	2003	10,02	2014
Olbia-Tempio	0	2004	9,96	2014
Potenza	14,46	2003	9,92	2014
Torino	15,44	2003	9,87	2014
Lecco	19,37	2003	9,81	2014
Siena	17,69	2003	9,74	2014
Imperia	15,52	2003	9,7	2014
Vercelli	18,7	2003	9,43	2014
Reggio nell'Emilia	19,44	2003	9,32	2014
Medio-Campitano	0	2004	9,22	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Monza e della Brianza	0	2004	9,15	2014
Aosta	19,85	2003	9,08	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	8,89	2014
Oristano	12,88	2003	8,85	2014
Arezzo	13,38	2003	8,67	2014
Firenze	15,17	2003	8,55	2014
Ogliastra	0	2004	8,48	2014
Grosseto	15,35	2003	8,3	2014
Cagliari	14,47	2003	8,14	2014
Prato	16,67	2003	8,06	2014

Tabella 11: Tasso standardizzato di mortalità per cardiopatie ischemiche - Femmine.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Napoli	15,1	2003	11,27	2014
Rieti	16,59	2003	9,73	2014
Caserta	12,5	2003	9,12	2014
Chieti	12,04	2003	8,65	2014
Frosinone	11,8	2003	8,59	2014
Matera	11,54	2003	8,39	2014
Vibo Valentia	7,41	2003	8,39	2014
Pescara	9,73	2003	8,32	2014
Isernia	10,29	2003	8,29	2014
Gorizia	14,92	2003	8,21	2014
Fermo	0	2004	8,18	2014
Campobasso	10,18	2003	8,16	2014
Enna	11,57	2003	8,12	2014
Agrigento	12,19	2003	8,11	2014
Trieste	16,55	2003	7,99	2014
L'Aquila	10,69	2003	7,97	2014
Messina	10,81	2003	7,8	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	7,78	2014
Crotone	7,87	2003	7,75	2014
La Spezia	11,04	2003	7,53	2014
Perugia	13,17	2003	7,53	2014
Benevento	10,95	2003	7,53	2014
Salerno	10,92	2003	7,49	2014
Pordenone	11,88	2003	7,48	2014
Viterbo	15,65	2003	7,47	2014
Brindisi	11,82	2003	7,36	2014
Roma	13,61	2003	7,25	2014
Ancona	12,21	2003	7,23	2014
Rovigo	12,62	2003	7,21	2014
Catanzaro	9,81	2003	7,02	2014
Medio-Campitano	0	2004	7,01	2014
Caltanissetta	10,01	2003	6,97	2014
Latina	13,72	2003	6,95	2014
Cremona	13,13	2003	6,94	2014
Massa-Carrara	10,52	2003	6,94	2014
Terni	10,4	2003	6,92	2014
Pistoia	12,11	2003	6,85	2014
Mantova	11,78	2003	6,82	2014
Trento	11,62	2003	6,7	2014
Pesaro e Urbino	12,06	2003	6,7	2014
Avellino	7,51	2003	6,67	2014
Lecce	10,49	2003	6,67	2014
Taranto	10,16	2003	6,66	2014
Cosenza	10,67	2003	6,52	2014
Novara	9,2	2003	6,51	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Brescia	13,76	2003	6,51	2014
Foggia	10,11	2003	6,5	2014
Reggio di Calabria	9	2003	6,5	2014
Parma	10,3	2003	6,48	2014
Belluno	11,88	2003	6,39	2014
Ferrara	10,89	2003	6,37	2014
Italia	11,75	1980	6,35	2016
Trapani	9,88	2003	6,34	2014
Forlì-Cesena	12,65	2003	6,28	2014
Catania	10,18	2003	6,26	2014
Olbia-Tempio	0	2004	6,23	2014
Udine	9,97	2003	6,1	2014
Macerata	9,89	2003	6,07	2014
Teramo	8,1	2003	6,06	2014
Palermo	8,57	2003	6	2014
Grosseto	11,19	2003	5,97	2014
Bologna	9,8	2003	5,96	2014
Savona	11,59	2003	5,94	2014
Verbano-Cusio-Ossola	6,98	2003	5,91	2014
Padova	9,51	2003	5,87	2014
Pisa	9,28	2003	5,87	2014
Pavia	8,79	2003	5,85	2014
Genova	8,41	2003	5,84	2014
Varese	10,71	2003	5,77	2014
Treviso	9	2003	5,77	2014
Oristano	9,02	2003	5,74	2014
Lucca	9,92	2003	5,73	2014
Nuoro	9,57	2003	5,71	2014
Sondrio	9,64	2003	5,7	2014
Livorno	12,34	2003	5,68	2014
Bergamo	11,52	2003	5,63	2014
Bari	9,05	2003	5,63	2014
Vicenza	10,37	2003	5,59	2014
Reggio nell'Emilia	11,01	2003	5,59	2014
Lecco	10,38	2003	5,55	2014
Bolzano	11,14	2003	5,54	2014
Modena	9,3	2003	5,52	2014
Piacenza	10,57	2003	5,47	2014
Ragusa	8,25	2003	5,47	2014
Alessandria	7	2003	5,44	2014
Biella	7,13	2003	5,4	2014
Monza e della Brianza	0	2004	5,4	2014
Siracusa	8,41	2003	5,4	2014
Ascoli Piceno	9,46	2003	5,32	2014
Potenza	6,94	2003	5,26	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Aosta	9,03	2003	5,25	2014
Verona	10,35	2003	5,18	2014
Venezia	12,02	2003	5,16	2014
Ravenna	10,52	2003	5,13	2014
Como	10,48	2003	5,1	2014
Milano	10,2	2003	5,02	2014
Vercelli	10,31	2003	4,98	2014
Torino	7,81	2003	4,95	2014
Prato	8,1	2003	4,91	2014
Cuneo	7,03	2003	4,66	2014
Sassari	9,5	2003	4,57	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Lodi	8,28	2003	4,53	2014
Asti	7,11	2003	4,52	2014
Rimini	10,81	2003	4,37	2014
Firenze	8,21	2003	4,3	2014
Siena	8,83	2003	4,23	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	4,15	2014
Imperia	7,97	2003	4,03	2014
Ogliastra	0	2004	4,02	2014
Arezzo	7,43	2003	3,9	2014
Cagliari	7,16	2003	3,65	2014

Tabella 12: Tasso standardizzato di mortalità per broncopneumopatie croniche ostruttive - Maschi.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Caltanissetta	15,6	2003	7,33	2014
Enna	12,42	2003	6,24	2014
Lecce	11,26	2003	6,02	2014
Aosta	8,02	2003	6,01	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	6	2014
Napoli	10,24	2003	5,84	2014
Brindisi	9,53	2003	5,62	2014
Oristano	5,9	2003	5,57	2014
Caserta	11,11	2003	5,54	2014
Massa-Carrara	8,52	2003	5,43	2014
Agrigento	9,93	2003	5,42	2014
Potenza	8,72	2003	5,41	2014
Nuoro	7,49	2003	5,4	2014
Taranto	11,91	2003	5,39	2014
Chieti	7,16	2003	5,2	2014
L'Aquila	7,42	2003	5,14	2014
Salerno	9,69	2003	5,06	2014
Trapani	7,63	2003	4,98	2014
La Spezia	8,7	2003	4,97	2014
Crotone	7,72	2003	4,92	2014
Cuneo	9,13	2003	4,91	2014
Palermo	8,95	2003	4,87	2014
Avellino	8,62	2003	4,81	2014
Asti	6,53	2003	4,79	2014
Sassari	5,91	2003	4,78	2014
Cosenza	7,35	2003	4,77	2014
Teramo	8,97	2003	4,76	2014
Pesaro e Urbino	7,04	2003	4,74	2014
Benevento	7,56	2003	4,74	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	4,74	2014
Frosinone	6,62	2003	4,62	2014
Piacenza	6,76	2003	4,6	2014
Medio-Campidano	0	2004	4,51	2014
Forlì-Cesena	5,75	2003	4,5	2014
Campobasso	5,92	2003	4,47	2014
Bari	8,12	2003	4,38	2014
Catanzaro	7,82	2003	4,36	2014
Lucca	5,51	2003	4,34	2014
Messina	8,52	2003	4,33	2014
Ragusa	6,02	2003	4,26	2014
Pistoia	6,55	2003	4,25	2014
Bergamo	6,61	2003	4,24	2014
Pisa	7,66	2003	4,23	2014
Viterbo	6,08	2003	4,21	2014
Torino	7,35	2003	4,18	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Perugia	5,79	2003	4,18	2014
Bolzano	5,88	2003	4,15	2014
Alessandria	5,61	2003	4,14	2014
Reggio di Calabria	7,92	2003	4,07	2014
Trieste	5,85	2003	4,06	2014
Novara	6,52	2003	4,01	2014
Imperia	6,07	2003	4,01	2014
Italia	8,73	1980	4,01	2016
Matera	7,97	2003	3,98	2014
Rimini	5,52	2003	3,95	2014
Macerata	6,17	2003	3,89	2014
Brescia	7,83	2003	3,88	2014
Lodi	5,6	2003	3,88	2014
Sondrio	7,92	2003	3,85	2014
Bologna	5,87	2003	3,84	2014
Latina	6,5	2003	3,83	2014
Pescara	6,14	2003	3,83	2014
Isernia	5,13	2003	3,83	2014
Catania	6,92	2003	3,82	2014
Foggia	7,84	2003	3,81	2014
Belluno	6,29	2003	3,8	2014
Arezzo	5,35	2003	3,8	2014
Ascoli Piceno	5,73	2003	3,8	2014
Pordenone	8,16	2003	3,77	2014
Cagliari	7,44	2003	3,77	2014
Cremona	7,89	2003	3,73	2014
Udine	6,04	2003	3,67	2014
Vercelli	8,15	2003	3,64	2014
Vibo Valentia	9,15	2003	3,63	2014
Livorno	3,75	2003	3,61	2014
Roma	6,04	2003	3,6	2014
Como	7,71	2003	3,53	2014
Genova	5,57	2003	3,53	2014
Terni	5,56	2003	3,46	2014
Siracusa	6,66	2003	3,45	2014
Varese	6,52	2003	3,42	2014
Reggio nell'Emilia	5,77	2003	3,4	2014
Prato	6,86	2003	3,36	2014
Biella	4,94	2003	3,34	2014
Siena	4,93	2003	3,34	2014
Milano	5,91	2003	3,33	2014
Grosseto	4,9	2003	3,31	2014
Vicenza	5,01	2003	3,24	2014
Firenze	6	2003	3,23	2014
Pavia	5,17	2003	3,21	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Savona	4,63	2003	3,2	2014
Ancona	6,85	2003	3,2	2014
Parma	5,29	2003	3,16	2014
Verbano-Cusio-Ossola	8,16	2003	3,14	2014
Rieti	5,39	2003	3,13	2014
Mantova	6,03	2003	3,12	2014
Trento	6,41	2003	3,04	2014
Fermo	0	2004	3	2014
Gorizia	4,15	2003	2,98	2014
Ravenna	6,51	2003	2,97	2014
Ogliastro	0	2004	2,94	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Monza e della Brianza	0	2004	2,91	2014
Ferrara	5,02	2003	2,87	2014
Verona	4,09	2003	2,85	2014
Modena	5,49	2003	2,85	2014
Treviso	4,88	2003	2,67	2014
Venezia	4,61	2003	2,65	2014
Padova	5,1	2003	2,65	2014
Rovigo	3,66	2003	2,63	2014
Lecco	6,02	2003	2,17	2014
Olbia-Tempio	0	2004	1,95	2014

Tabella 13: Tasso standardizzato di mortalità per broncopneumopatie croniche ostruttive - Femmine.

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Brindisi	3,44	2003	2,51	2014
Napoli	3,45	2003	2,39	2014
Lucca	2,24	2003	2,22	2014
Arezzo	1,86	2003	2,22	2014
Lodi	3,37	2003	2,21	2014
Barletta-Andria-Trani	0	2004	2,01	2014
Caltanissetta	2,58	2003	2	2014
Matera	1,96	2003	1,99	2014
Lecce	3,2	2003	1,94	2014
Siracusa	2,85	2003	1,93	2014
Carbonia-Iglesias	0	2004	1,92	2014
Torino	2,64	2003	1,91	2014
Cremona	2,91	2003	1,88	2014
Roma	2,61	2003	1,88	2014
Potenza	3,57	2003	1,85	2014
Piacenza	2,51	2003	1,84	2014
Caserta	3,19	2003	1,84	2014
Palermo	2,55	2003	1,83	2014
Sassari	1,91	2003	1,82	2014
Imperia	2,24	2003	1,81	2014
Massa-Carrara	1,83	2003	1,8	2014
Trieste	2,3	2003	1,79	2014
Pesaro e Urbino	1,54	2003	1,79	2014
Avellino	1,84	2003	1,78	2014
Medio-Campidano	0	2004	1,77	2014
La Spezia	1,72	2003	1,76	2014
Aosta	3,74	2003	1,73	2014
Agrigento	2,97	2003	1,7	2014
Enna	2,81	2003	1,7	2014
Forlì-Cesena	2,19	2003	1,68	2014
Cagliari	2,45	2003	1,68	2014
Ogliastra	0	2004	1,68	2014
Firenze	2,51	2003	1,67	2014
Perugia	1,59	2003	1,67	2014
Bari	3,11	2003	1,67	2014
L'Aquila	1,9	2003	1,66	2014
Cuneo	2,84	2003	1,65	2014
Bologna	2,47	2003	1,64	2014
Savona	1,98	2003	1,63	2014
Brescia	2,61	2003	1,62	2014
Viterbo	1,49	2003	1,62	2014
Pistoia	2,49	2003	1,59	2014
Frosinone	2,33	2003	1,59	2014
Salerno	2,54	2003	1,59	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Belluno	1,71	2003	1,58	2014
Padova	2,37	2003	1,58	2014
Pisa	1,83	2003	1,57	2014
Italia	2,55	1980	1,56	2016
Ravenna	2,79	2003	1,55	2014
Pescara	1,98	2003	1,55	2014
Asti	2,25	2003	1,54	2014
Milano	2,23	2003	1,54	2014
Olbia-Tempio	0	2004	1,54	2014
Bergamo	2,21	2003	1,53	2014
Catania	2,22	2003	1,53	2014
Sondrio	2,27	2003	1,5	2014
Cosenza	2,7	2003	1,47	2014
Catanzaro	2,06	2003	1,46	2014
Udine	1,78	2003	1,44	2014
Fermo	0	2004	1,44	2014
Taranto	2,66	2003	1,44	2014
Como	2,2	2003	1,43	2014
Nuoro	2,71	2003	1,42	2014
Alessandria	1,84	2003	1,41	2014
Genova	1,68	2003	1,41	2014
Chieti	2,31	2003	1,41	2014
Benevento	2,15	2003	1,41	2014
Biella	1,98	2003	1,4	2014
Vercelli	1,66	2003	1,39	2014
Foggia	3,05	2003	1,39	2014
Bolzano	2,07	2003	1,36	2014
Modena	2,21	2003	1,35	2014
Lecco	2	2003	1,34	2014
Reggio di Calabria	2,35	2003	1,34	2014
Gorizia	1,92	2003	1,3	2014
Trapani	2,38	2003	1,3	2014
Grosseto	1,49	2003	1,29	2014
Messina	2,31	2003	1,29	2014
Monza e della Brianza	0	2004	1,28	2014
Varese	2,02	2003	1,27	2014
Reggio nell'Emilia	2,56	2003	1,27	2014
Ascoli Piceno	1,48	2003	1,26	2014
Rimini	1,62	2003	1,25	2014
Novara	2,03	2003	1,24	2014
Pordenone	2,36	2003	1,24	2014
Parma	2,24	2003	1,22	2014
Ferrara	1,53	2003	1,19	2014
Ancona	1,69	2003	1,18	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Latina	1,74	2003	1,17	2014
Campobasso	2,35	2003	1,17	2014
Vicenza	1,61	2003	1,16	2014
Verbano-Cusio-Ossola	1,66	2003	1,12	2014
Macerata	1,94	2003	1,12	2014
Isernia	1,67	2003	1,12	2014
Venezia	2,44	2003	1,11	2014
Vibo Valentia	2,84	2003	1,1	2014
Prato	1,07	2003	1,07	2014
Pavia	1,77	2003	1,06	2014
Rovigo	1	2003	1,05	2014
Crotone	3,47	2003	1,05	2014

Provincia	Primo disponibile		Ultimo disponibile	
Mantova	1,47	2003	1,04	2014
Teramo	2,98	2003	1,04	2014
Treviso	1,56	2003	1,03	2014
Verona	1,64	2003	1	2014
Siena	1,29	2003	1	2014
Livorno	1,45	2003	0,97	2014
Terni	2,11	2003	0,96	2014
Ragusa	1,95	2003	0,94	2014
Trento	1,73	2003	0,92	2014
Rieti	1,7	2003	0,92	2014
Oristano	1,13	2003	0,85	2014

Confronto con area alpino-padana, Lombardia e provincie lombarde

Nelle tabelle seguenti sono presentati i tassi standardizzati di mortalità per ciascun gruppo di patologie oggetto di studio relativi agli anni 2000, 2005, 2010 e 2013, suddivisi per le regioni dell'area alpino-padana e per le provincie lombarde.

Tabella 14: Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	10,9	10,32	9,33	8,61
Valle d'Aosta	10,03	10,39	8,81	7,26
Lombardia	12,53	11,03	9,73	8,74
Trentino-Alto Adige	9,63	8,78	7,61	6,94
Veneto	12,64	10,28	8,62	7,96
Friuli-Venezia Giulia	10,96	9,51	9,12	7,27
Italia	10,72	9,75	8,89	8,21
Varese		10,81	8,78	8,49
Como		10,21	8,14	8,05
Sondrio		14,19	10,6	12,21
Milano		10,85	9,84	8,83
Bergamo		11,53	10,02	8,1
Brescia		10,63	9,48	8,65
Pavia		12,74	12,18	10,13
Cremona		11,2	9,6	9
Mantova		10,08	9,99	8,9
Lecco		9,93	8,9	6,8
Lodi		12,7	10,7	11,21
Monza e della Brianza			9,61	8,1

Tabella 15: Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni - Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	1,9	2,09	2,11	2,21
Valle d'Aosta	2,34	2,39	2,37	3,48
Lombardia	2,17	2,29	2,49	2,59
Trentino-Alto Adige	2,06	2,34	2,01	2,07
Veneto	2,29	2,11	2,39	2,27
Friuli-Venezia Giulia	2,44	2,59	2,92	2,89
Italia	1,85	1,93	2,16	2,26
Varese		2,25	2,19	1,91
Como		1,44	2,39	2,51
Sondrio		1,27	2,66	2,91
Milano		2,61	2,55	2,84
Bergamo		2,31	2,84	2,95
Brescia		2,1	2,42	2,46
Pavia		2,08	2,37	2,39
Cremona		2,41	2,48	2,07
Mantova		1,8	2,92	1,98
Lecco		2,35	1,89	2,21
Lodi		1,93	2,07	2,76
Monza e della Brianza			2,51	2,89

Tabella 16: Trend Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni.

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
2003	11,93	2,21	12,83	2,26
2004	11,33	2,22	12,06	1,99
2005	11,03	2,29	10,63	2,1
2006	10,88	2,42	11,52	2,46
2007	10,47	2,44	10,48	2,1
2008	10,36	2,24	10,81	1,86
2009	10,13	2,53	11,61	2,13
2010	9,73	2,49	9,48	2,42
2011	9,32	2,42	10,08	2,45
2012	9,16	2,58	8,98	2,34
2013	8,74	2,59	8,65	2,46
2014	8,09	2,63	8,58	2,67

In Lombardia, in riferimento al genere maschile, si osserva rispetto alla media nazionale un tasso più elevato. La provincia di Brescia presenta un tasso ad andamento variabile rispetto alla media delle provincie lombarde.

In Lombardia, in riferimento al genere femminile, si osserva rispetto alla media nazionale un tasso più elevato. La provincia di Brescia presenta un tasso ad andamento variabile rispetto alla media delle provincie lombarde.

Dalla tabella 16 si può osservare che nel periodo di osservazione (1990 – 2014) si assiste ad un progressivo decremento del tasso nei maschi residenti in Lombardia e nella provincia di Brescia. Per quanto concerne il genere femminile si assiste ad un trend in contro-tendenza con tasso in progressivo e lieve aumento.

Tabella 17: Tasso standardizzato di dimissioni per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	21,61	13,69	10,41	8,85
Valle d'Aosta	27,28	20,77	14,12	13,12
Lombardia	24,96	18,61	13,16	10,42
Trentino-Alto Adige	26,93	15,16	12,09	10,92
Veneto	28,77	19,58	13,22	10,82
Friuli-Venezia Giulia	25,44	18,3	15,34	12,62
Italia	23,91	18,12	13,92	11,65
Varese	22,96	15,66	11,74	11,76
Como	28,92	22,68	10,39	10,75
Sondrio	19,87	15,39	13,59	11,78
Milano	26,06	18,82	16,66	10,39
Bergamo	19,59	13,85	10,41	8,36
Brescia	23,94	17,72	13,13	9,98
Pavia	26,88	22,44	18,53	14,36
Cremona	27,78	26,49	17,77	11,1
Mantova	23,98	17,53	14,31	12,85
Lecco	17,39	17,07	9,97	9,36
Lodi	36,27	23,01	16,89	9,93
Monza e della Brianza				7,74

Tabella 18: Tasso standardizzato di dimissioni per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni – Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	4,12	3,12	2,73	2,84
Valle d'Aosta	5,72	4,81	3,92	6,41
Lombardia	4,35	4,37	3,94	3,5
Trentino-Alto Adige	6,47	4,05	3,83	3,47
Veneto	5,55	4,18	3,8	3,55
Friuli-Venezia Giulia	5,37	5,16	5,8	5,13
Italia	4,27	4,01	3,8	3,79
Varese	3,52	3,52	3,08	3,17
Como	4,39	4	3,39	3,4
Sondrio	2,7	2,32	4,72	4,43
Milano	5,18	4,84	5,23	3,79
Bergamo	2,47	3,21	2,95	2,96
Brescia	4,27	3,93	4,19	3,5
Pavia	3,94	4,79	4,73	4,3
Cremona	4,12	5,88	4,89	3,98
Mantova	3,81	3,8	3,96	3,42
Lecco	2,79	5,32	3,22	3,08
Lodi	6,63	4,9	4,24	3,74
Monza e della Brianza				

In Lombardia è evidenziato per il genere maschile un tasso superiore rispetto alla media nazionale fino al 2009, dal 2010 al 2015 emerge altresì in Lombardia un tasso inferiore rispetto alla media nazionale. La provincia di Brescia presenta un tasso inferiore rispetto alla media delle provincie lombarde fino al 2013 e superiore nel periodo 2013-2014.

In Lombardia è evidenziato per il genere femminile un tasso superiore rispetto alla media nazionale fino al 2010; ed un tasso inferiore rispetto alla media nazionale dal 2011 al 2015. La provincia di Brescia presenta un tasso generalmente inferiore rispetto alla media delle provincie lombarde.

Tabella 19: Trend Tasso standardizzato di dimissioni per tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni.

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1999	27,38	4,94	24,05	4,29
2000	24,96	4,35	23,94	4,27
2001	23,06	4,42	21,97	4,18
2002	22,13	4,29	20,06	3,98
2003	21,1	3,89	20,72	3,32
2004	19,11	4,19	17,72	3,93
2005	18,61	4,37	17,72	3,93
2006	18,72	4,22	18,39	3,75
2007	17	3,99	16,91	3,73
2008	15,7	4,17	15,65	3,62
2009	14,47	4,13	14,1	3,59
2010	13,16	3,94	13,13	4,19
2011	12,95	3,78	12,81	3,03
2012	11,4	3,76	11,26	3,4
2013	10,42	3,5	9,98	3,5
2014	9,21	3,3	10,12	3,27
2015	9,16	3,55	9,35	3,36

Dalla tabella 19 si può osservare che nel periodo di osservazione (1999 – 2015) si assiste ad un progressivo decremento del tasso in entrambi i generi (più accentuato nei maschi), sia della popolazione lombarda che di quella bresciana.

Tabella. 20: Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di tessuti linfatico ed ematopoietico - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	2,8	2,84	2,89	2,82
Valle d'Aosta	2,98	3,09	2,59	2,3
Lombardia	3,1	2,99	2,91	2,86
Trentino-Alto Adige	3,23	2,57	2,4	2,25
Veneto	3,12	2,92	2,67	2,57
Friuli-Venezia Giulia	3,04	2,77	2,45	2,94
Italia	2,91	2,74	2,63	2,64
Varese		3,1	2,7	3,22
Como		3,28	2,7	2,97
Sondrio		4,03	2,13	1,99
Milano		3,01	3,05	2,98
Bergamo		2,97	2,57	2,58
Brescia		2,44	2,7	2,5
Pavia		3,11	3	3,77
Cremona		3,17	3,17	3,29
Mantova		2,83	3,02	2,05
Lecco		2,64	2,75	2,91
Lodi		3,92	3,22	2,06
Monza e della Brianza			3,32	2,68

Tabella. 21: Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di tessuti linfatico ed ematopoietico - Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	1,95	1,72	1,66	1,59
Valle d'Aosta	2,02	1,74	2,26	1,3
Lombardia	2,04	1,88	1,7	1,67
Trentino-Alto Adige	2,12	1,54	1,57	1,24
Veneto	1,93	1,8	1,57	1,64
Friuli-Venezia Giulia	1,77	1,89	1,6	1,65
Italia	1,89	1,75	1,62	1,61
Varese		1,81	1,77	1,58
Como		1,66	1,91	1,57
Sondrio		1,98	1,76	1,91
Milano		1,97	1,6	1,68
Bergamo		1,62	1,66	1,44
Brescia		1,81	1,67	1,43
Pavia		1,95	1,47	2,13
Cremona		2,15	2,19	2,02
Mantova		2,09	1,71	1,99
Lecco		1,57	1,78	1,74
Lodi		1,72	1,73	1,76
Monza e della Brianza			1,81	1,59

In riferimento al genere maschile si osserva rispetto alla media nazionale un tasso più elevato in Lombardia. La provincia di Brescia presenta un tasso ad andamento variabile rispetto alla media delle province lombarde.

In riferimento al genere femminile si osserva, rispetto alla media nazionale, un tasso più elevato in Lombardia. La provincia di Brescia presenta un tasso ad andamento variabile rispetto alla media delle province lombarde.

Tabella 22: Trend Tasso di mortalità standardizzato per tumori maligni di tessuti linfatico ed ematopoietico (cod.X revisione C81-C96).

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1990	3,29	2,06		
1991	3,48	2,1		
1992	3,29	2,05		
1993	3,46	2,23		
1994	3,38	2,14		
1995	3,17	2,22		
1996	3,32	2,04		
1997	3,45	2,04		
1998	3,08	2,05		
1999	3,18	2,04		
2000	3,1	2,04		
2001	3,34	1,97		
2002	3,03	1,9		
2003	3,18	2,16	3,22	2,13
2004	3,05	1,85	3,02	1,73
2005	2,99	1,88	2,44	1,81
2006	2,87	1,82	2,96	1,84
2007	2,94	1,65	2,58	1,85
2008	3,16	1,77	3,32	1,76
2009	2,88	1,89	2,7	1,89
2010	2,91	1,7	2,7	1,67
2011	2,91	1,75	3,07	1,53
2012	2,85	1,67	2,59	1,76
2013	2,86	1,67	2,5	1,43
2014	2,64	1,56	2,12	1,37

Dalla tabella 22 si può osservare che nel periodo di osservazione (1990 – 2014) si assiste ad un progressivo decremento del tasso in entrambi i generi sia della popolazione residente in Lombardia che di quella residente nella provincia di Brescia.

Tabella 23: Tasso di mortalità standardizzato per malattie ischemiche del cuore - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	14,7	14,52	11,87	10,97
Valle d'Aosta	19,48	18,1	12,11	12,87
Lombardia	19,43	17,73	13,36	11,65
Trentino-Alto Adige	22,08	19	14,58	12,71
Veneto	18,19	17,51	14,3	11,63
Friuli-Venezia Giulia	19,75	18,68	13,72	13,57
Italia	17,78	17,06	13,53	12,47
Varese		17,47	14,58	12,42
Como		17,64	10,91	10,51
Sondrio		21,13	12,65	10,51
Milano		16,99	12,02	10,56
Bergamo		18,95	13,65	12,19
Brescia		19,38	14,55	13,8
Pavia		16,58	13,81	12
Cremona		20,09	16,86	12,54
Mantova		18,67	14,61	14,04
Lecco		16,86	14,87	12,63
Lodi		15,53	14,25	10,59
Monza e della Brianza			13,59	10,42

Tabella 24: Tasso di mortalità standardizzato per malattie ischemiche del cuore - Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	7,3	7,23	5,67	5,28
Valle d'Aosta	8,33	8,35	5,13	4,68
Lombardia	9,88	9,6	6,98	6,05
Trentino-Alto Adige	12,04	10,48	7,87	6,36
Veneto	9,56	9,79	7,13	6,08
Friuli-Venezia Giulia	11,52	11,48	8,11	7,15
Italia	9,75	9,66	7,31	6,69
Varese		8,97	6,72	5,78
Como		8,06	6,53	5,87
Sondrio		7,99	6,4	5,93
Milano		9,28	6,28	5,22
Bergamo		9,78	6,87	6,54
Brescia		11,09	9,22	7,53
Pavia		9,15	7,12	5,74
Cremona		12,12	8,07	7,41
Mantova		11	8,43	7,16
Lecco		9,79	6,43	6,26
Lodi		8,46	6,62	6,43
Monza e della Brianza			6,19	5,88

In Lombardia per il genere maschile è evidenziato un tasso superiore rispetto alla media nazionale fino al 2005; un tasso inferiore rispetto alla media nazionale fino al 2013. La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde.

In Lombardia è evidenziato per il genere femminile un tasso superiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2003 e inferiore dal 2004 al 2015. La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde.

Tabella 25: Trend Tasso di mortalità standardizzato per malattie ischemiche-cuore.

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1990	25,34	13,06		
1991	25,2	12,41		
1992	24,3	11,58		
1993	24,41	12,31		
1994	22,96	11,76		
1995	23,82	12,01		
1996	22,64	11,36		
1997	21,54	11,47		
1998	22,02	11,45		
1999	20,27	10,86		
2000	19,43	9,88		
2001	18,71	9,66		
2002	18,66	9,73		
2003	20,11	10,84	24,03	13,76
2004	17,85	9,37	20,06	11,33
2005	17,73	9,6	19,38	11,09
2006	16,1	8,74	17,18	10,12
2007	15,33	8,44	16,78	10,06
2008	14,65	7,88	17,01	9,06
2009	13,99	7,68	15,84	9,26
2010	13,36	6,98	14,55	9,22
2011	12,42	6,9	14,11	8,3
2012	12,57	6,82	13,94	8,15
2013	11,65	6,05	13,8	7,53
2014	11,06	5,6	12,84	6,51

Dalla tabella 25 si può osservare che nel periodo di osservazione (1990 – 2014) si assiste ad un progressivo decremento del tasso in entrambi i generi sia della popolazione residenti in Lombardia che di quella residente nella provincia di Brescia.

Tabella 26: Tasso standardizzato di dimissione per malattie ischemiche cuore - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	80,74	77,72	68,07	60,95
Valle d'Aosta	93,5	82,39	52,79	53,46
Lombardia	97,78	88,25	68,85	61,7
Trentino-Alto Adige	95,41	71,13	50,62	51,38
Veneto	87,74	73,57	59,6	52,04
Friuli-Venezia Giulia	81,37	74,03	60,49	51,84
Italia	96,86	91,13	73,15	63,45
Varese	97,06	79,25	65,93	55,16
Como	93,4	77,09	65,24	56,56
Sondrio	87,9	84,46	65,41	63,32
Milano	94,87	86,56	85,32	62,67
Bergamo	101,23	84,73	72,21	62,29
Brescia	103,32	98,56	69,53	66,47
Pavia	105,17	97,83	66,71	58,28
Cremona	107,92	92,26	79,69	72,18
Mantova	98,03	99,81	76,7	65,56
Lecco	86,87	80,73	60,5	58,16
Lodi	112,89	107,73	76,22	73,53
Monza e della Brianza				54,99

Tabella 27: Tasso standardizzato di dimissione per malattie ischemiche cuore – Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	25,8	25,62	22,57	20,18
Valle d'Aosta	36,04	32,84	17,29	18,8
Lombardia	34,65	30,42	22,76	19,41
Trentino-Alto Adige	38,42	28,93	18,48	18,35
Veneto	32,11	26,29	20,41	16,24
Friuli-Venezia Giulia	35,96	31,06	22,03	19,4
Italia	35,91	32,74	25,17	21,15
Varese	35,53	26,12	21,12	17,74
Como	32,3	27,66	19,97	17,7
Sondrio	26,4	30,01	25,49	19,23
Milano	32,07	28,66	27,08	18,75
Bergamo	36,96	30,65	21,57	19,86
Brescia	41,01	35,5	24,82	21,36
Pavia	35,19	35,11	23,18	19,33
Cremona	38,99	33,87	27,96	27,33
Mantova	36,34	35,39	29,08	23,7
Lecco	35,62	27,9	21,46	17,97
Lodi	34,67	36,32	26,5	24,26
Monza e della Brianza				15,38

In Lombardia per il genere maschile è evidenziato un tasso superiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2005, inferiore dal 2005 al 2013. La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde fino al 2013.

In Lombardia per il genere femminile è evidenziato un tasso inferiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2013.

La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde dal 2000 al 2013.

Tabella 28: Trend Tasso di dimissioni standard per malattie ischemiche-cuore (cod.X revisione I20-I25).

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1999	98,5	35,63	105,34	42,84
2000	97,78	34,65	103,32	41,01
2001	100,64	33,91	111,09	38,41
2002	98,4	33,76	110,12	40,45
2003	95,08	32,65	99,17	38,44
2004	92,62	31,98	98,56	35,5
2005	88,25	30,42	98,56	35,5
2006	84,95	27,78	92,19	33,93
2007	81,16	27,56	86,79	33,2
2008	77,96	26,06	82,47	30,1
2009	73,65	24,03	77,24	27,92
2010	68,85	22,76	69,53	24,82
2011	67,25	21,08	71,32	23,78
2012	65,24	20,6	66,3	22
2013	61,7	19,41	66,47	21,36
2014	59,21	18,65	61,46	19,11
2015	58,67	18,2	58,62	18,07

Dalla tabella 26 si può osservare che nel periodo di osservazione (1999 – 2015) si assiste ad un progressivo decremento del tasso in entrambi i generi sia della popolazione residente in Lombardia che di quella residente nella provincia di Brescia.

Tabella 29: Tasso di mortalità standardizzato per malattie polmonari cronico ostruttive - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	6,68	6,84	5,25	4,64
Valle d'Aosta	8,29	10,1	7,54	5,75
Lombardia	5,41	5,86	4,21	3,6
Trentino-Alto Adige	6,18	5,57	4,41	3,66
Veneto	5,02	5,02	3,89	3,15
Friuli-Venezia Giulia	4,94	5,4	4,38	3,52
Italia	6,12	6,4	4,93	4,18
Varese		6,75	4,18	3,95
Como		5,82	4,34	3,77
Sondrio		4,81	3,32	2,91
Milano		5,06	4,13	3,48
Bergamo		7,41	5,2	3,6
Brescia		6,87	4,39	3,66
Pavia		6	3,7	4,01
Cremona		7	4,84	3,87
Mantova		5,48	3,1	3,24
Lecco		6,03	4,43	3,4
Lodi		4,67	5,07	5,2
Monza e della Brianza			3,81	3,08

Tabella. 30: Tasso di mortalità standardizzato per malattie polmonari cronico ostruttive – Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	2,04	2,45	1,79	1,71
Valle d'Aosta	3,73	2,98	2,61	2,16
Lombardia	1,7	2,11	1,7	1,55
Trentino-Alto Adige	1,68	1,36	1,58	1,41
Veneto	1,8	1,84	1,37	1,24
Friuli-Venezia Giulia	1,68	1,99	1,72	1,8
Italia	1,85	2,15	1,74	1,65
Varese		2,39	1,67	1,65
Como		2,6	1,47	1,64
Sondrio		1,85	0,59	0,98
Milano		2,05	1,72	1,67
Bergamo		2,06	1,8	1,52
Brescia		2,37	2,12	1,74
Pavia		1,38	1,57	1,59
Cremona		2,71	1,75	1,49
Mantova		1,32	1,29	0,92
Lecco		2,11	1,79	0,7
Lodi		2,55	2,43	2,57
Monza e della Brianza			1,53	1,26

In Lombardia è evidenziato per il genere maschile un tasso inferiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2013. La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde dal 2000 al 2013.

In Lombardia è evidenziato per il genere femminile un tasso variabile rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2008 e inferiore dal 2009 al 2014.

La provincia di Brescia presenta un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde dal 2000 al 2015.

Tabella 31: Trend Tasso di mortalità standardizzato per malattie polmonari cronico ostruttive (cod.X revisione J40-J47,J67).

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1990	8,44	2,44		
1991	8,74	2,25		
1992	7,36	2,18		
1993	7,12	1,87		
1994	6,92	1,85		
1995	6,67	1,88		
1996	5,58	1,64		
1997	5,7	1,82		
1998	6,08	1,93		
1999	6,09	1,87		
2000	5,41	1,7		
2001	5,09	1,51		
2002	5,26	1,81		
2003	6,42	2,22	7,83	2,61
2004	5,41	1,94	7,51	2,3
2005	5,86	2,11	6,87	2,37
2006	5,01	1,82	6,44	2,41
2007	5,02	1,81	6,01	2,15
2008	4,8	1,89	4,9	2,35
2009	4,51	1,82	5,03	2,23
2010	4,21	1,7	4,39	2,12
2011	3,98	1,58	4,53	1,83
2012	4,33	1,7	4,67	1,8
2013	3,6	1,55	3,66	1,74
2014	3,45	1,46	3,88	1,62

Dalla tabella 31 si può evidenziare che nel periodo di osservazione (1990–2014) si assiste ad un complessivo decremento del tasso in entrambi i generi sia della popolazione residenti in Lombardia che di quella residente nella provincia di Brescia.

Tabella 32: Tasso di dimissioni standardizzato per malattie polmonari cronico ostruttive - Maschi.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	34,28	20,63	11,08	6,88
Valle d'Aosta	31,42	23,23	13,23	17,42
Lombardia	39,94	27,76	18,26	14,61
Trentino-Alto Adige	34,93	22,36	17,24	12,02
Veneto	39,75	25,15	13,65	9,66
Friuli-Venezia Giulia	34,3	25,67	16,72	13,5
Italia	51,95	39,12	21,39	13,01
Varese	31,93	20,77	16,61	14,39
Como	38,49	29,49	15,04	13,7
Sondrio	36,26	22,61	12,56	10,46
Milano	41,86	30,95	23,82	15,17
Bergamo	29,81	23,78	14,09	13,4
Brescia	53,54	25,81	22,33	18,15
Pavia	43,85	33,79	18,3	15,76
Cremona	30,06	21,8	18,1	9,33
Mantova	41,93	22,94	16,73	11,49
Lecco	35,91	28,26	22,37	19,01
Lodi	33,55	34,31	20,91	15,32
Monza e della Brianza			0,19	12,62

Tabella. 33: Tasso di dimissioni standard per malattie polmonari cronico ostruttive – Femmine.

	2000	2005	2010	2013
Piemonte	18,71	11,11	6,22	4,01
Valle d'Aosta	15,91	16,4	9,83	9,35
Lombardia	21,59	15,11	10,45	7,81
Trentino-Alto Adige	16,96	11,09	7,72	6,07
Veneto	20,48	13,47	7,82	5,95
Friuli-Venezia Giulia	17,19	14,2	10,01	9,3
Italia	25,39	20,53	12,14	7,84
Varese	16,2	11,63	8,67	7,82
Como	18,2	15,01	9,02	7,31
Sondrio	16,48	11,51	7,77	4,59
Milano	24,73	17,26	14,61	8,78
Bergamo	14,12	9,98	8,13	6,4
Brescia	25,36	13,84	12,14	9,11
Pavia	24,62	20,25	9,96	8,26
Cremona	18,4	14,61	11,1	5,3
Mantova	21,38	11,45	8,1	5,89
Lecco	15,41	13,38	10,96	9,31
Lodi	20,74	23,37	9,12	7,22
Monza e della Brianza			0,12	6,64

In Lombardia è evidenziato per il genere maschile un tasso inferiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2010 e superiore nel 2013.

La provincia di Brescia presenta generalmente un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde dal 2000 al 2013.

In Lombardia è evidenziato per il genere femminile un tasso inferiore rispetto alla media nazionale dal 2000 al 2013.

La provincia di Brescia presenta generalmente un tasso superiore rispetto alla media delle province lombarde dal 2000 al 2013.

Tabella 34: Trend Tasso standard di dimissioni per malattie polmonari croniche ostruttive.

Anni	Maschi Lombardia	Femmine Lombardia	Maschi Brescia	Femmine Brescia
1999	44,76	23,7	56,63	27,73
2000	39,94	21,59	53,54	25,36
2001	36,14	18,96	49,76	25,18
2002	32,56	16,99	37,92	18,13
2003	30,74	16,25	31,87	15,1
2004	28,1	15,1	25,81	13,84
2005	27,76	15,11	25,81	13,84
2006	25,28	14,1	25,73	13,58
2007	21,82	11,44	22,07	12,34
2008	20,86	10,84	24,14	11,99
2009	19,09	10,37	23,19	11,33
2010	18,26	10,45	22,33	12,14
2011	16,66	8,74	21,56	10,79
2012	15,91	8,29	19,24	10,45
2013	14,61	7,81	18,15	9,11
2014	13,42	7,77	15,71	8,97
2015	12,6	7,52	14,86	9,05

Dalla tabella 34 si può osservare che nel periodo di osservazione (1999 – 2015) si assiste ad un progressivo decremento del tasso in entrambi i generi sia della popolazione residenti in Lombardia sia di quella residente nella provincia di Brescia.

Confronto Tassi grezzi di mortalità per i capoluoghi di provincia della Lombardia

Nelle tabelle seguenti sono presentati i tassi grezzi di mortalità per ciascun gruppo di patologie oggetto di interesse e relativo agli anni 2004, 2010, 2013 e 2014.

2004 Tassi comunali grezzi di mortalità - x 10.000 ab.								
Capoluoghi	tbp M	tbp F	linfo M	linfo F	cuore M	cuore F	bpc M	bpc F
Varese	10,38	3,06	3,73	2,35	15,70	11,76	4,52	5,41
Como	10,76	2,59	2,62	2,83	10,76	13,68	6,82	3,30
Sondrio	14,86	2,60	0,99	1,74	11,89	19,97	4,95	2,60
Milano	11,57	4,27	3,13	2,64	15,56	13,59	3,62	3,70
Bergamo	8,99	4,11	3,18	2,47	14,42	16,45	2,81	4,28
Brescia	11,73	3,97	3,54	2,58	13,50	13,00	4,43	3,47
Pavia	11,07	2,88	3,59	2,62	16,46	14,64	4,19	1,57
Cremona	14,63	3,95	2,69	2,90	17,62	13,43	4,18	4,21
Mantova	10,41	4,27	3,17	3,89	25,36	17,10	4,08	1,55
Lecco	10,90	7,86	1,36	3,72	17,25	14,48	2,27	2,90
Lodi	13,51	2,68	2,50	1,79	11,01	13,40	2,00	4,02
Monza								
Lombardia	10,83	3,86	2,92	2,51	14,47	13,06	3,59	3,43

2010 Tassi comunali grezzi di mortalità - x 10.000 ab.								
Capoluoghi	tbp M	tbp F	linfo M	linfo F	cuore M	cuore F	bpc M	bpc F
Varese	8,54	5,33	4,66	3,01	11,91	11,82	5,69	4,17
Como	7,21	3,36	1,99	3,81	9,45	13,01	1,99	2,69
Sondrio	7,68	3,36	2,88	3,36	11,52	9,23	3,84	0,00
Milano	10,02	4,20	3,23	2,15	11,97	11,63	4,21	3,29
Bergamo	8,88	4,14	2,72	3,02	13,59	11,94	3,26	4,30
Brescia	11,07	5,04	3,21	3,26	13,95	15,40	2,55	4,74
Pavia	13,90	4,99	5,14	2,89	17,22	13,39	4,23	3,41
Cremona	9,69	4,45	3,23	3,40	16,44	13,36	2,94	3,40
Mantova	13,37	8,11	4,01	3,09	16,49	17,38	3,12	2,32
Lecco	13,60	5,20	2,63	3,20	14,92	14,40	4,39	3,60
Lodi	9,59	3,88	3,36	3,88	13,90	12,94	5,75	3,02
Monza	7,90	3,79	2,92	3,47	13,06	9,63	2,92	3,16
Lombardia	10,00	4,39	3,25	2,62	12,69	12,23	3,88	3,42

2013**Tassi comunali grezzi di mortalità - x 10.000 ab.**

Capoluoghi	tbp M	tbp F	linfo M	linfo F	cuore M	cuore F	bpcu M	bpcu F
Varese	9,66	3,33	3,22	1,19	17,98	10,46	4,83	4,52
Como	10,90	3,64	3,30	2,96	13,18	10,69	3,80	2,96
Sondrio	10,98	1,74	2,00	4,34	8,98	16,50	3,99	1,74
Milano	9,80	4,64	3,65	2,87	12,35	10,18	4,48	3,74
Bergamo	9,94	5,83	3,37	3,08	12,75	11,66	3,19	2,59
Brescia	10,89	4,38	3,74	1,89	14,19	15,04	2,84	4,38
Pavia	11,11	4,62	5,71	5,16	17,14	13,31	4,76	2,45
Cremona	11,45	3,68	2,94	2,63	13,21	11,82	2,94	3,15
Mantova	8,70	4,33	3,21	4,73	15,57	12,60	1,37	3,15
Lecco	9,82	3,62	5,35	3,62	16,96	11,28	1,34	1,21
Lodi	9,25	4,36	2,92	1,75	10,22	12,22	6,81	3,93
Monza	7,31	3,81	2,61	2,06	13,40	10,95	4,18	2,54
Lombardia	9,87	4,45	3,59	2,81	13,11	11,10	4,10	3,52

2014**Tassi comunali grezzi di mortalità - x 10.000 ab.**

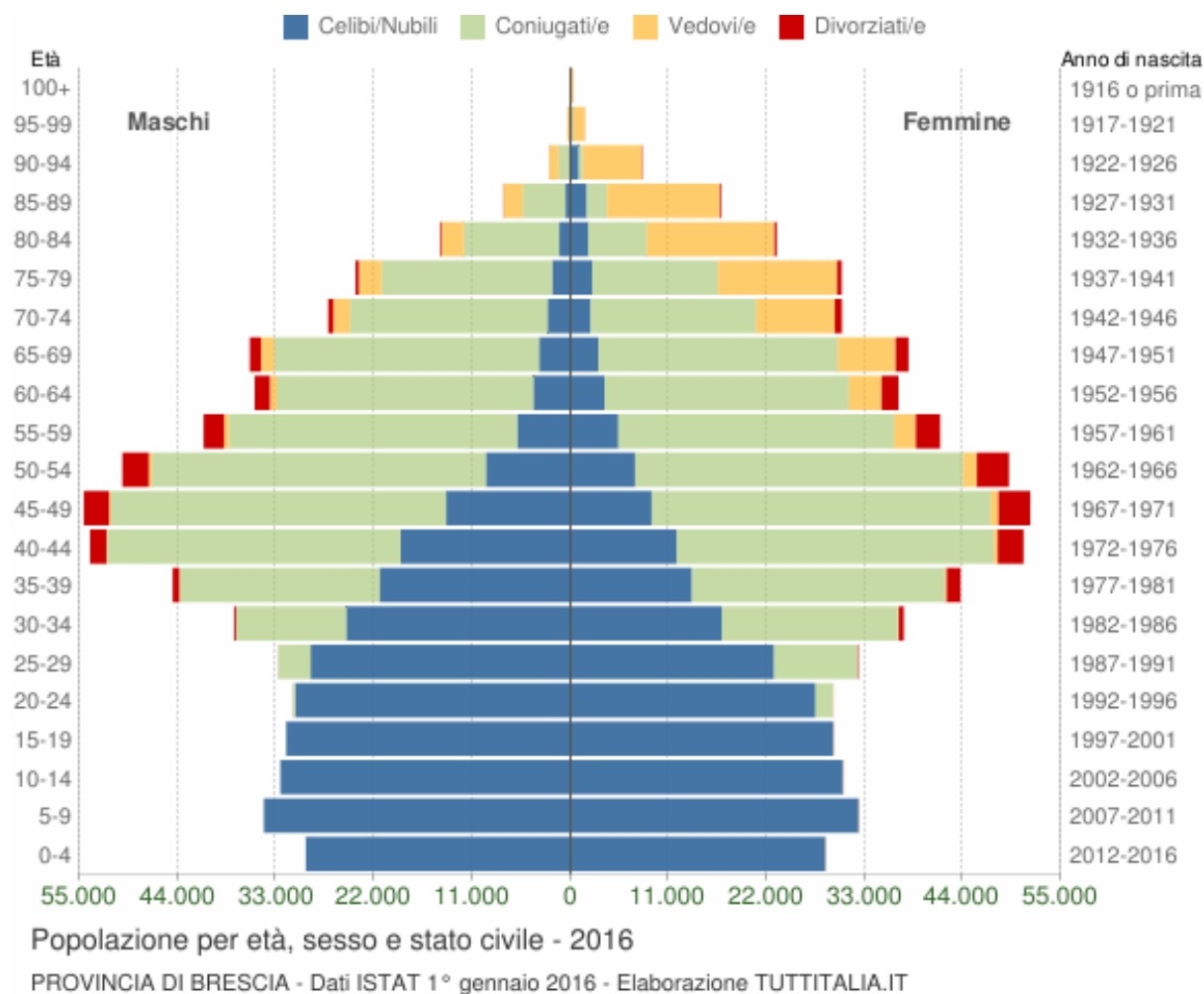
Capoluoghi	tbp M	tbp F	linfo M	linfo F	cuore M	cuore F	bpcu M	bpcu F
Varese	9,95	3,74	2,88	2,57	10,74	8,65	4,19	3,51
Como	6,94	3,15	3,22	2,70	13,39	11,23	3,97	3,59
Sondrio	6,79	7,64	1,94	0,85	11,64	11,88	3,88	5,94
Milano	8,41	4,76	3,02	2,78	11,65	9,70	4,02	3,58
Bergamo	8,48	3,95	4,69	2,21	13,53	11,53	3,25	1,90
Brescia	10,54	4,39	2,42	1,27	13,50	12,78	5,05	4,10
Pavia	12,01	3,69	3,60	2,90	16,21	10,53	3,90	2,11
Cremona	9,25	3,45	4,77	2,92	9,54	10,89	4,47	1,59
Mantova	9,32	4,61	6,21	2,69	11,09	11,13	2,22	1,15
Lecco	10,94	5,14	3,94	1,58	14,00	9,10	1,31	3,17
Lodi	8,04	4,71	2,84	0,86	10,40	9,41	2,84	3,85
Monza	8,46	5,00	3,89	2,97	10,82	10,93	3,89	1,09
Lombardia	8,79	4,56	3,25	2,54	11,99	10,25	3,95	3,25

L'analisi dei tassi, prodotti mediante elaborazioni da database ISTAT, evidenzia un sostanziale allineamento dei dati bresciani rispetto alla Lombardia ed un andamento variabile rispetto alle altre province lombarde.

PAGINA LASCIATA VOLUTAMENTE BIANCA

Variabili demografiche di rilievo

Tra le variabili di maggiore peso nel condizionamento dei tassi di mortalità e di ospedalizzazione vi sono l'età ed il genere, la conoscenza della composizione demografica della popolazione esposta agli inquinanti è quindi di rilevante interesse. Nella figura seguente è mostrata una rappresentazione grafica della distribuzione per fascia di età, sesso e stato civile della popolazione della provincia bresciana.



Ciò premesso, al fine di analizzare in maggiore dettaglio la situazione bresciana in confronto alle restanti province lombarde, alla regione Lombardia e al contesto alpino-padano, possono essere prese in considerazione le sottostanti tabelle nelle quali i tassi di mortalità standardizzati sono stati suddivisi per fasce di età e genere relativamente agli anni 2004 e 2013.

Per tutte le patologie oggetto di studio si evidenzia un trend all'incremento per fasce di età crescenti, con incrementi sempre marcati per la classe over 75 anni. Brescia si colloca generalmente al di sopra dei dati nazionali, in linea con i dati regionali ed in posizione variabile rispetto agli altri capoluoghi di provincia della regione essendo compresa tra il terzo ed il quarto posto, variabile rispetto alle altre aree del bacino alpino-padano.

2004	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni			
	45-54 M	55-64 M	65-74 M	75+ M
Varese	3,24	11,9	34,7	57,1
Como	4,28	13,45	35,77	66,31
Sondrio	2,4	15,94	47,81	45,01
Milano	3,64	14,94	37,02	62,35
Bergamo	2,84	13,51	40,64	69,94
Brescia	4,33	15,59	37,7	66,95
Pavia	5,7	15,11	37,12	60,78
Cremona	4,97	11,92	36,18	67,33
Mantova	1,55	14,39	29,59	58,07
Lecco	4,03	12,52	33,85	65,82
Lodi	3,45	14,78	45,48	68,92
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	3,71	14,31	37,1	63,1
Italia	3,27	13,31	33,18	53,19
Piemonte	4,06	14,19	38	56,11
Valle d'Aosta	0	5,06	50,54	46,18
Trentino-Alto Adige	2,35	10,47	18,43	49,04
Veneto	2,9	11,75	33,87	60,84
Friuli-Venezia Giulia	1,61	12,9	29,4	54,63

2004	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni			
	45-54 F	55-64 F	65-74 F	75+ F
Varese	0,88	2,89	5,35	8,74
Como	1,32	3,13	4,78	10,16
Sondrio	2,5	2,83	5,05	9,96
Milano	1,95	2,62	7,27	13,09
Bergamo	0,74	3,8	6,74	11,17
Brescia	1,46	2,68	5,05	11,36
Pavia	0,87	2,72	6,14	9,95
Cremona	0,86	3,62	6,09	12,84
Mantova	0	2,42	6,78	10,5
Lecco	1,38	4,46	8,46	13,63
Lodi	1,44	1,53	9,3	10,81
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	1,43	2,87	6,56	11,68
Italia	1,26	2,91	5,52	9,68
Piemonte	1,15	2,95	6,19	9,37
Valle d'Aosta	3,64	2,62	5,64	5,5
Trentino-Alto Adige	0,97	2,28	5,87	10,68
Veneto	1,06	3,03	6,87	12,2
Friuli-Venezia Giulia	1,36	4,1	7,07	15,06

2013				
	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 45-54 M	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 55-64 M	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 65-74 M	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 75+ M
Varese	2,62	9,6	25,61	51,54
Como	2,11	9,12	27,09	47,63
Sondrio	1,36	19,35	36,48	66,29
Milano	1,56	8,97	26,82	56,33
Bergamo	1,57	8,82	27,06	46,79
Brescia	1,51	8,88	28,42	52,3
Pavia	1,59	14,21	27,73	64,85
Cremona	1,39	11,23	33,51	49,23
Mantova	0,93	9,27	26,87	58,59
Lecco	1,11	9,31	20,74	42,22
Lodi	1,63	16,5	29,79	68,36
Monza e Brianza	0,87	8,64	25,91	50,46
LOMBARDIA	1,57	9,78	27,2	53,83
Italia	2,01	9,76	26,34	48,42
Piemonte	1,8	10,12	27,47	51,81
Valle d'Aosta	2,88	6,1	23,32	46,21
Trentino-Alto Adige	1,32	7,43	19,69	45,97
Veneto	1,49	8,5	23,11	52,08
Friuli-Venezia Giulia	1,54	7,62	22,33	46,96

2013				
	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 45-54 F	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 55-64 F	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 65-74 F	Tasso mortalità tumori maligni trachea,bronchi, polmoni 75+ F
Varese	1,3	2,99	6,28	8,9
Como	1,71	5,23	8,36	9,42
Sondrio	0,68	4,2	10,87	12,2
Milano	1,47	5,14	9,13	13,64
Bergamo	1,29	4,3	9,78	15,17
Brescia	0,94	3,56	8,32	12,66
Pavia	1,63	2,82	6,24	14,49
Cremona	1,09	2,98	5,23	12,56
Mantova	0,32	1,91	7,6	10,66
Lecco	1,14	4,1	6,76	10,54
Lodi	1,7	7,82	9,76	6,57
Monza e Brianza	1,03	4,76	8,83	15,02
LOMBARDIA	1,27	4,29	8,36	12,69
Italia	1,36	3,78	7,08	10,67
Piemonte	1,27	3,92	7,66	9,36
Valle d'Aosta	3,89	1,2	12,43	14,98
Trentino-Alto Adige	1,23	3,24	7,13	9,85
Veneto	0,81	3,67	7,03	12,32
Friuli-Venezia Giulia	2,18	4,25	9,28	13,56

2004	Tasso mortalità tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico			
	45-54 M	55-64 M	65-74 M	75+ M
Varese	1,26	3,26	9,35	17,92
Como	1,07	2,34	6,85	19,7
Sondrio	0,8	3,75	3,59	10,23
Milano	0,92	2,9	8,09	18,8
Bergamo	1,28	2,84	5,97	19,07
Brescia	0,89	1,57	9,48	18,98
Pavia	1,42	3,46	9,01	18,79
Cremona	2,49	3,67	9,76	20,02
Mantova	1,16	2,96	6,63	17,92
Lecco	0,9	3,01	6,09	25,41
Lodi	0,69	3,11	3,1	16,32
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	1,09	2,82	7,88	18,83
Italia	1,07	2,77	7,45	17,13
Piemonte	1,02	2,52	7,08	15,52
Valle d'Aosta	0	0	6,74	12,83
Trentino-Alto Adige	0,31	2,89	6,48	22
Veneto	0,92	2,51	8,26	18,03
Friuli-Venezia Giulia	1,11	1,95	5,06	19,44

2004	Tasso mortalità tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico			
	45-54 F	55-64 F	65-74 F	75+ F
Varese	0,35	2,35	5,14	10,23
Como	0,53	3,7	4,78	10,81
Sondrio	2,5	4,72	1,01	12,95
Milano	0,57	1,71	4,98	11,87
Bergamo	0,3	1,32	3,85	10,76
Brescia	0,4	2,12	4,56	10,7
Pavia	0,58	2,42	7,6	11,88
Cremona	0,43	3,16	4,69	9,74
Mantova	0,78	2,42	6,35	12,75
Lecco	0,46	1,49	6,2	8,52
Lodi	0,72	3,06	2,54	4,51
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	0,54	2,08	4,95	11,12
Italia	0,65	1,84	4,55	10,7
Piemonte	0,61	2,02	3,38	11,34
Valle d'Aosta	0	0	1,41	11
Trentino-Alto Adige	0,97	1,05	3,36	19,45
Veneto	0,77	1,7	5,89	10,57
Friuli-Venezia Giulia	0,99	1,76	4,08	8,51

2013	Tasso mortalità tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico			
	45-54 M	55-64 M	65-74 M	75+ M
Varese	0,87	3,39	8,25	20,67
Como	0,63	1,38	8,26	20,97
Sondrio	0,68	3,37	5,37	9,87
Milano	0,9	2,92	6,11	21,08
Bergamo	0,78	2,84	8,76	13,41
Brescia	0,5	1,88	5,55	18,83
Pavia	0,45	5,51	8,07	25,1
Cremona	0,35	3,89	8,9	19,56
Mantova	0,31	0,81	5,76	13,65
Lecco	1,11	1,4	9,53	18,43
Lodi	0,54	0	7,22	12,66
Monza e Brianza	0,44	1,77	7,24	19
LOMBARDIA	0,7	2,61	7,07	19,26
Italia	0,78	2,37	6,61	17,54
Piemonte	0,53	2,14	6,49	19,98
Valle d'Aosta	0,96	0	8,75	15,4
Trentino-Alto Adige	0,72	1,16	6,7	15,24
Veneto	0,68	1,87	6,99	17,26
Friuli-Venezia Giulia	1,34	2,46	7,07	19,6

2013	Tasso mortalità tumori maligni tessuti linfatico ed ematopoietico			
	45-54 F	55-64 F	65-74 F	75+ F
Varese	0,58	1,93	5,14	8,73
Como	0	1,83	3,58	11,77
Sondrio	0	0,84	3,95	14,64
Milano	0,32	1,5	3,82	12,75
Bergamo	0,47	0,89	3,49	10,77
Brescia	0,52	1,05	3,72	10,66
Pavia	0,47	1,69	5,3	16,15
Cremona	1,09	1,7	5,7	11,04
Mantova	0	2,29	5,07	14,99
Lecco	0,38	3,64	5,2	8,71
Lodi	1,7	2,84	5,69	8,03
Monza e Brianza	0,29	1,1	4,52	11,51
LOMBARDIA	0,41	1,55	4,23	11,85
Italia	0,48	1,52	4,11	10,78
Piemonte	0,38	1,18	3,58	11,63
Valle d'Aosta	0,97	1,2	1,38	11,52
Trentino-Alto Adige	0	0,49	3,29	10,18
Veneto	0,46	1,35	4,14	11,5
Friuli-Venezia Giulia	0,62	1,94	2,85	10,89

2004	Tasso mortalità malattia ischemiche cuore			
	45-54 M	55-64 M	65-74 M	75+ M
Varese	5,75	11,71	32,49	139,62
Como	3,74	11,4	34,63	104,4
Sondrio	0,8	23,44	44,22	116,62
Milano	4,16	10,96	27,1	123,48
Bergamo	2,98	9,68	28,24	133,52
Brescia	4,33	11,44	30,2	153,58
Pavia	2,56	11,96	30,27	127,63
Cremona	5,8	11,46	36,75	144,66
Mantova	4,26	11,85	40,82	172,78
Lecco	6,72	8,02	32,5	139,73
Lodi	2,76	7,78	26,87	97,94
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	4,14	11,14	30,15	131,82
Italia	4,02	11,03	31,08	127,69
Piemonte	4,2	9,83	28,27	106,89
Valle d'Aosta	6,95	20,25	28,64	118,01
Trentino-Alto Adige	4,07	10,29	25,41	139,19
Veneto	3,82	8,81	27,35	142,55
Friuli-Venezia Giulia	2,59	8,04	31,04	162,73

2004	Tasso mortalità malattia ischemiche cuore			
	45-54 F	55-64 F	65-74 F	75+ F
Varese	0,35	1,8	7,4	93,17
Como	0,79	1,71	7,66	90,1
Sondrio	0,83	0	11,12	100,62
Milano	0,73	2,12	8,87	93,05
Bergamo	0,6	3,14	11,55	103,65
Brescia	0,8	1,98	9,78	119,87
Pavia	0,29	3,63	11,69	87,61
Cremona	0,43	3,16	12,66	123,09
Mantova	0,39	2,42	9,32	102,75
Lecco	0	1,98	10,15	85,17
Lodi	1,44	2,3	11	94,61
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	0,63	2,25	9,5	98,38
Italia	0,74	2,5	11,06	95,96
Piemonte	0,71	2,23	9,28	69,34
Valle d'Aosta	0	2,62	18,33	90,74
Trentino-Alto Adige	0,97	4,03	11,54	106,42
Veneto	0,55	1,43	9,15	102,63
Friuli-Venezia Giulia	0,49	1,87	10,2	126,78

2013				
	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 45-54 M	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 55-64 M	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 65-74 M	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 75+ M
Varese	4,07	7,9	21,7	96
Como	1,9	8,29	14,54	85,65
Sondrio	2,72	10,1	15,02	83,22
Milano	2,58	6,55	17,35	84,11
Bergamo	3,02	5,83	18,67	99,61
Brescia	2,31	6,99	17,31	119,94
Pavia	3,41	7,54	20,01	97,91
Cremona	2,44	9,93	15,71	105,87
Mantova	2,8	8,06	19,67	122,31
Lecco	1,11	6,05	23,55	99,04
Lodi	1,09	11,48	15,35	82,28
Monza e Brianza	2,76	4,71	16,11	84,4
LOMBARDIA	2,67	7,02	17,92	94,74
Italia	2,7	8	20,18	104,52
Piemonte	2,98	8,45	19,22	85,49
Valle d'Aosta	0,96	14,63	27,69	94,35
Trentino-Alto Adige	2,17	6,6	21,31	110,92
Veneto	2,17	6,73	16,04	100,73
Friuli-Venezia Giulia	2,57	8,01	20,67	116,85

2013				
	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 45-54 F	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 55-64 F	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 65-74 F	Tasso mortalità malattie ischemiche cuore 75+ F
Varese	0,29	1,76	5,33	69,32
Como	0,21	0,52	5,38	72,44
Sondrio	0	0	6,92	69,96
Milano	0,48	2,05	5,98	57,91
Bergamo	0,7	1,93	5,76	76,67
Brescia	0,62	1,19	5,8	95
Pavia	0,7	1,69	5,93	67,94
Cremona	0,36	1,7	9,03	90,21
Mantova	0,32	1,91	7,18	90,6
Lecco	0,38	1,82	8,32	73,76
Lodi	0,57	2,84	9,76	67,91
Monza e Brianza	0,15	0,73	6,16	68,06
LOMBARDIA	0,45	1,63	6,19	71,22
Italia	0,49	1,71	6,94	79,65
Piemonte	0,55	1,86	6,49	60,27
Valle d'Aosta	0	3,6	6,9	48,38
Trentino-Alto Adige	0,61	1,13	6,03	83,04
Veneto	0,23	1,32	4,4	79,62
Friuli-Venezia Giulia	0,21	1,46	5,69	97,8

2004	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 45-54 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 55-64 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 65-74 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 75+ M
Varese	0	0,96	7,14	48,76
Como	0	0,58	5,33	52,53
Sondrio	0	0	8,37	40,92
Milano	0,04	1	5,15	42,33
Bergamo	0	0,5	5,97	46,62
Brescia	0,13	1,29	6,71	64,54
Pavia	0	2,2	9,37	30,39
Cremona	0	0,46	5,74	49,13
Mantova	0	0,42	4,59	38,71
Lecco	0	1	6,09	50,81
Lodi	0,69	0	3,1	59,85
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	0,05	0,93	5,9	46,28
Italia	0,23	1,23	7,43	52,13
Piemonte	0,24	1,12	7,04	53,9
Valle d'Aosta	0	3,8	5,05	59
Trentino-Alto Adige	0	1,26	9,47	46,52
Veneto	0,13	0,81	5,25	42,95
Friuli-Venezia Giulia	0,12	1,1	5,06	46,76

2004	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 45-54 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 55-64 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 65-74 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 75+ F
Varese	0	0,18	1,23	24,73
Como	0,26	0	0,96	21,62
Sondrio	0	0	2,02	17,93
Milano	0,08	0,15	2,12	21,12
Bergamo	0,45	0,17	2,12	19,45
Brescia	0,27	0,28	1,63	24,7
Pavia	0	0,91	2,05	17,69
Cremona	0	0	2,81	24,35
Mantova	0	0,4	1,69	8,62
Lecco	0	0,5	0,56	13,63
Lodi	0	0	3,38	23,43
Monza e Brianza	0	0	0	0
LOMBARDIA	0,13	0,21	1,9	20,73
Italia	0,09	0,47	2,14	19,17
Piemonte	0,03	0,62	2,27	21,39
Valle d'Aosta	0	0	2,82	22
Trentino-Alto Adige	0	0,53	2,1	13,92
Veneto	0,03	0,37	2,04	17,61
Friuli-Venezia Giulia	0	0,35	2,17	23,45

2013				
	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 45-54 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 55-64 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 65-74 M	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 75+ M
Varese	0,15	1,13	3,04	39,64
Como	0	1,11	4,3	34,08
Sondrio	0	0,84	3,22	28,21
Milano	0,04	0,88	4,4	31,59
Bergamo	0,11	0,6	4,19	32,29
Brescia	0	0,67	2,61	35,8
Pavia	0	0,87	5,27	39,33
Cremona	0	1,3	3,66	37,76
Mantova	0	0,81	1,92	33,56
Lecco	0	0,93	5,05	32,24
Lodi	0	1,43	5,42	48,1
Monza e Brianza	0	0,2	3,27	28,97
LOMBARDIA	0,04	0,83	3,87	33,92
Italia	0,16	1,02	4,66	41,31
Piemonte	0,15	1,07	5,63	44,42
Valle d'Aosta	0	0	0	69,32
Trentino-Alto Adige	0	1,16	4,67	36,08
Veneto	0,13	0,5	2,61	32,13
Friuli-Venezia Giulia	0	0,39	2,64	37,16

2013				
	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 45-54 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 55-64 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 65-74 F	Tasso mortalità malattie polmonari croniche ostruttive 75+ F
Varese	0	0,88	1,9	19,17
Como	0	0,26	1,79	19,61
Sondrio	0	0	0,99	12,2
Milano	0,16	0,5	2,12	18,39
Bergamo	0,12	0,74	2,09	16,48
Brescia	0	0,26	2,38	20,92
Pavia	0,23	0,28	1,87	17,1
Cremona	0	0	0,48	20,55
Mantova	0	0	0,84	11,66
Lecco	0	0	0,52	9,62
Lodi	0	1,42	3,25	29,21
Monza e Brianza	0	0	1,44	14,82
LOMBARDIA	0,08	0,41	1,87	17,87
Italia	0,11	0,47	2	18,98
Piemonte	0,03	0,24	1,79	20,54
Valle d'Aosta	0	0	0	28,8
Trentino-Alto Adige	0	0,49	2,19	15,99
Veneto	0,05	0,39	1,41	15,02
Friuli-Venezia Giulia	0,1	0,36	2,48	21,78

Speranza di Vita

Una ulteriore caratterizzazione delle possibili differenze tra Brescia e le altre provincie lombarde può essere tratta dall'esame della speranza di vita calcolata da ISTAT a 65 anni ed a zero anni e mostrata nelle seguenti tabelle.

Speranza di vita a 65 anni - Maschi				
	2005	2010	2012	2013
Varese	17,6	18,5	18,6	18,7
Como	17,5	18,7	18,4	18,8
Sondrio	16,5	17,9	18,1	18,3
Milano	17,6	18,6	18,7	18,9
Bergamo	17,0	18,1	18,3	18,4
Brescia	17,2	18,2	18,3	18,5
Pavia	16,4	17,3	17,5	18,0
Cremona	17,0	17,5	17,9	18,5
Mantova	17,3	18,3	18,4	18,8
Lecco	17,7	18,3	19,0	18,7
Lodi	16,5	17,4	17,5	18,1
Monza Brianza		18,4	19,0	18,9
LOMBARDIA	17,4	18,3	18,4	18,7
Italia	17,5	18,2	18,3	18,6

Speranza di vita a 65 anni - Femmine				
	2005	2010	2012	2013
Varese	21,7	22,2	22,4	22,5
Como	21,8	22,0	22,7	22,3
Sondrio	22,1	22,1	22,5	22,6
Milano	21,8	22,4	22,4	22,8
Bergamo	21,2	21,7	21,8	21,9
Brescia	22,1	22,1	22,2	22,4
Pavia	20,6	21,2	21,6	21,4
Cremona	21,1	21,5	21,6	21,8
Mantova	21,5	22,2	22,1	22,4
Lecco	21,7	22,2	22,6	22,5
Lodi	20,7	21,3	21,3	21,9
Monza Brianza		22,2	22,3	22,4
LOMBARDIA	21,6	22,0	22,1	22,4
Italia	21,3	22,0	21,8	22,0

Speranza di vita a 0 anni - Maschi							
	1992	2000	2005	2010	2012	2013	2014
Varese	73,3	76,85	78,58	79,98	80,25	80,29	81,08
Como	73,54	76,37	78,35	80,18	80,09	80,4	80,94
Sondrio	72,17	74,61	76,59	77,81	78,68	78,87	78,71
Milano	73,53	76,77	78,62	80,13	80,4	80,73	81,36
Bergamo	72,7	75,29	77,87	79,35	79,73	80,13	80,63
Brescia	72,58	75,75	78,05	79,48	79,69	80,02	80,43
Pavia	71,58	75,15	76,48	78,25	78,77	79	79,55
Cremona	71,63	75,52	77,29	78,67	79,19	79,72	79,85
Mantova	73,37	76,62	78,22	79,46	79,57	80,2	80,5
Lecco	73,21	76,69	78,44	80,01	80,78	80,16	81,22
Lodi	72,01	74,22	76,86	78,49	78,71	79,42	80,27
Monza Brianza				80,15	80,91	81,01	81,37
LOMBARDIA	73,03	76,21	78,14	79,63	79,87	80,25	80,84
Italia	73,99	76,49	78,09	79,48	79,57	79,81	80,28

Speranza di vita a 0 anni - Femmine							
	1992	2000	2005	2010	2012	2013	2014
Varese	81,13	83,12	84,2	85,16	85,08	85,23	85,77
Como	80,88	82,95	84,32	84,7	85,69	85,1	85,75
Sondrio	81,12	83,31	84,12	84,45	84,58	85,04	85,03
Milano	80,8	82,87	84,26	85,15	85,17	85,64	86,08
Bergamo	80,37	82,29	83,75	84,42	84,5	84,48	84,98
Brescia	81,02	83,06	84,55	84,73	85	85,17	85,74
Pavia	79,61	82,21	82,93	83,57	83,9	83,96	84,51
Cremona	80,09	82,25	82,71	83,99	84,01	84,41	84,63
Mantova	80,84	83,78	84	84,72	84,65	84,84	84,98
Lecco	80,75	82,75	84,23	84,92	85,53	85,14	85,76
Lodi	79,18	81,38	82,87	83,7	83,66	84,15	84,58
Monza Brianza				85,07	85,35	85,61	85,62
LOMBARDIA	80,63	82,72	84,02	84,7	84,87	85,12	85,54
Italia	80,58	82,32	83,66	84,57	84,41	84,62	84,99

La provincia di Brescia, la regione Lombardia e l'Italia evidenziano un trend all'incremento da circa 4 a circa 7 nei maschi e nelle femmine, rispettivamente, nel periodo 1992-2014. Si conferma il dato della maggiore speranza di vita del genere femminile rispetto a quello maschile sebbene con incremento leggermente inferiore.

Indice di Invecchiamento

Per valutare il rapporto tra le classi di età e la mortalità per le diverse patologie indagate l'ISTAT consiglia di utilizzare il cosiddetto indice di invecchiamento, riportato nelle tabelle seguenti. Esso è rappresentato da una frazione che vede al numeratore la fascia di popolazione con più di 65 anni ed al denominatore la fascia d'età fino a 14 anni; il risultato frazionario viene moltiplicato per 100. Se il tasso descritto è inferiore a 100 la parte "giovane" della popolazione in esame sarà superiore alla parte più anziana e viceversa. I dati sottoriportati si riferiscono alle provincie lombarde e alle regioni dell'area alpino-padana.

MASCHI													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Varese	69	72	78	82	85	88	91	91	97	100	102	105	107
Como	65	69	74	77	80	83	87	87	92	94	96	98	100
Sondrio	61	64	69	72	75	78	81	81	85	88	91	93	96
Milano	71	75	82	86	90	94	98	98	104	106	108	110	112
Bergamo	53	56	61	64	67	70	73	73	77	79	81	82	83
Brescia	60	63	69	72	76	79	81	81	85	87	88	89	89
Pavia	120	124	133	137	141	144	146	146	148	149	151	151	151
Cremona	90	95	104	108	111	113	115	115	119	121	122	123	124
Mantova	106	112	122	128	132	135	137	137	137	137	136	136	135
Lecco							84	84	88	90	92	93	96
Lodi							97	97	100	101	102	103	105
Monza Brianza													
LOMBARDIA	71	75	81	85	88	92	95	95	100	102	103	105	106
Italia	71	75	82	85	88	91	94	96	98	100	102	104	106
Piemonte	99	103	112	116	121	125	128	131	133	135	137	139	140
Valle d'Aosta	90	93	100	104	108	111	113	114	115	115	116	116	116
Trentino-A.A.	64	67	70	72	74	76	77	79	79	80	81	82	82
Veneto	75	79	86	90	93	96	98	100	101	102	104	104	105
Friuli-V.G.	113	118	126	130	133	136	138	139	140	140	141	141	141

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Varese	109	114	114	117	118	119	119	120	122	125	128	131	135
Como	102	107	107	109	110	111	112	112	115	119	122	126	130
Sondrio	99	105	105	108	111	113	114	116	119	124	128	133	137
Milano	114	117	117	118	119	120	120	123	125	129	129	129	131
Bergamo	85	89	89	91	92	92	93	93	95	99	102	105	110
Brescia	91	94	94	96	97	97	98	98	99	103	106	110	114
Pavia	151	151	151	150	148	145	143	141	142	146	147	150	153
Cremona	126	130	130	131	130	129	128	127	129	132	135	139	144
Mantova	135	133	133	131	129	127	124	123	124	127	129	133	137
Lecco	99	104	104	107	109	111	112	113	116	120	124	129	135
Lodi	106	107	107	108	108	107	106	106	108	110	113	116	120
Monza Brianza								110	111	114	117	120	124
LOMBARDIA	108	111	111	113	114	114	114	114	116	119	122	124	127
Italia	108	110	112	114	116	117	117	118	121	124	127	130	133
Piemonte	142	144	145	147	147	146	146	146	147	150	153	156	160
Valle d'Aosta	117	119	120	121	122	123	123	123	124	127	131	135	139
Trentino - A.A.	84	85	86	88	90	92	93	95	97	100	103	105	108
Veneto	106	107	109	110	111	112	112	113	116	119	123	127	131
Friuli-V.G.	142	143	145	146	148	148	149	149	151	155	158	162	167

FEMMINE													
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Varese	122	128	136	141	146	150	154	154	161	164	167	169	171
Como	117	123	131	136	140	145	150	150	156	159	161	162	164
Sondrio	108	114	121	126	130	135	139	139	145	148	152	155	158
Milano	125	132	143	148	154	159	164	164	171	173	176	178	180
Bergamo	94	100	107	112	117	121	124	124	130	132	133	134	135
Brescia	109	115	125	130	135	140	144	144	148	149	150	150	150
Pavia	206	215	229	235	242	246	250	250	250	250	251	251	250
Cremona	160	168	181	187	193	197	201	201	206	206	208	209	208
Mantova	174	183	199	207	214	220	224	224	225	225	224	223	221
Lecco							145	145	150	152	154	155	156
Lodi							162	162	165	166	167	168	169
Monza Brianza													
LOMBARDIA	125	131	141	147	152	157	161	161	167	168	170	172	173
Italia	109	115	124	129	133	138	142	146	149	152	155	158	161
Piemonte	159	167	179	185	191	196	201	205	207	209	211	213	215
Valle d'Aosta	141	149	159	166	171	175	178	179	180	182	182	182	184
Trentino-A.A.	109	114	118	121	123	125	127	128	129	129	129	130	130
Veneto	125	132	142	148	153	157	161	164	165	166	167	168	168
Friuli-V.G.	198	207	219	226	231	235	238	239	239	239	238	236	234

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Varese	173	176	176	177	178	178	178	178	179	182	184	188	192
Como	165	168	168	169	169	168	167	167	169	172	175	179	183
Sondrio	160	165	165	168	170	171	173	174	176	180	185	191	196
Milano	181	181	181	182	182	182	181	186	189	193	192	191	192
Bergamo	135	137	137	138	138	137	137	136	137	140	143	147	151
Brescia	150	151	151	151	150	149	148	147	148	150	153	157	161
Pavia	248	244	244	240	235	229	223	218	218	220	221	223	226
Cremona	208	210	210	210	207	203	200	197	198	200	203	208	212
Mantova	219	214	214	210	205	200	196	192	191	192	194	197	201
Lecco	158	162	162	162	163	163	163	163	164	167	170	175	180
Lodi	169	167	167	166	165	163	161	160	160	161	163	167	170
Monza Brianza								158	160	163	165	169	172
LOMBARDIA	174	174	174	175	174	173	172	171	172	175	177	180	183
Italia	163	165	167	169	170	171	171	172	174	177	180	183	187
Piemonte	216	216	217	217	216	215	213	212	213	215	218	221	225
Valle d'Aosta	184	184	185	186	185	183	180	179	179	180	182	186	191
Trentino-A.A.	131	132	132	134	136	137	139	140	141	144	146	149	152
Veneto	168	168	169	169	169	168	168	168	170	173	176	180	185
Friuli-V.G.	233	233	232	232	231	230	228	226	227	229	232	236	240

Le province di Brescia e Bergamo mostrano nel trend temporale dal 1990 al 2015 un indice di invecchiamento minore rispetto alla Lombardia e all'Italia. A livello regionale Liguria, Piemonte e Friuli Venezia Giulia presentano un indice di invecchiamento più elevato.

Per meglio spiegare tale andamento dell'indice di invecchiamento sono state calcolate nelle tabelle seguenti le 2 componenti di tale rapporto dalle quali si evince come Brescia, a differenza di altre province lombarde, sebbene mostri un notevole incremento della popolazione di età compresa tra 0-14 evidenzia comunque un marcato incremento della popolazione over 65 (+121% nel genere maschile negli anni osservati).

Popolazione residente 0-14 anni - Maschi			
	1990	2015	diff. %
Varese	61.016	63.765	5%
Como	62.719	43.248	-31%
Sondrio	14.943	12.631	-15%
Milano	279.113	228.854	-18%
Bergamo	78.368	86.718	11%
Brescia	84.068	97.189	16%
Pavia	30.300	35.562	17%
Cremona	22.693	24.870	10%
Mantova	24.758	29.348	19%
Lecco			
Lodi			
Monza Brianza			
LOMBARDIA	657.974	727.420	11%

Popolazione residente 0-14 anni - Femmine			
	1990	2015	diff. %
Varese	58.181	60.078	3%
Como	59.623	40.584	-32%
Sondrio	14.178	11.803	-17%
Milano	266.210	215.450	-19%
Bergamo	74.768	81.901	10%
Brescia	79.841	91.925	15%
Pavia	28.669	33.501	17%
Cremona	21.788	22.825	5%
Mantova	23.685	27.291	15%
Lecco			
Lodi			
Monza Brianza			
LOMBARDIA	626.941	685.455	9%

Popolazione residente Over 65 - Maschi			
	1990	2015	diff. %
Varese	41.897	85.779	105%
Como	40.965	56.270	37%
Sondrio	9.075	17.354	91%
Milano	198.625	298.869	50%
Bergamo	41.554	95.111	129%
Brescia	50.123	110.832	121%
Pavia	36.286	54.513	50%
Cremona	20.446	35.707	75%
Mantova	26.357	40.061	52%
Lecco			
Lodi			
Monza Brianza			
LOMBARDIA	465.325	926.838	99%

Popolazione residente Over 65 - Femmine			
	1990	2015	diff. %
Varese	70.788	115.263	63%
Como	69.943	74.444	6%
Sondrio	15.317	23.087	51%
Milano	332.422	414.297	25%
Bergamo	70.315	123.588	76%
Brescia	86.932	147.815	70%
Pavia	59.084	75.690	28%
Cremona	34.811	48.300	39%
Mantova	41.247	54.761	33%
Lecco			
Lodi			
Monza Brianza			
LOMBARDIA	780.855	1.251.123	60%

Speranza di vita in buona salute

Un ulteriore parametro utile alla caratterizzazione dello stato di salute della popolazione oggetto di interesse è la *speranza di vita in buona salute* il quale considera nel calcolo la proporzione di persone che dichiarano di sentirsi *"bene o molto bene"*. Il quesito dell'OMS *"Come va in generale la sua salute?"*, incluso nelle indagini campionarie sulla salute, inserito via via anche in altre indagini sociali dell'ISTAT, presenta modalità di risposta che sono state lievemente modificate nel tempo, allo scopo di garantire anche la compatibilità a livello europeo e internazionale. Le modalità di risposta al quesito sono rimaste sempre 5, comprese in una scala semantica che va dal *"molto bene"* al *"molto male"*, ma dal 2009 la modalità centrale è stata tradotta come modalità neutra (*"né bene, né male"*), come proposto da EUROSTAT, anziché *"discretamente"* adottata fino al 2005.

Inoltre è importante tener conto di alcune differenze riscontrabili nelle indagini che precedono: in particolare nell'indagine del 1994 il quesito era somministrato per intervista diretta, mentre in tutte quelle successive era inserito in un questionario autosomministrato; nelle edizioni dell'indagine sulla salute del 1994 e 2000 le modalità di risposta considerate variano da: *molto male, male, discretamente, bene, molto bene*; mentre in quelle successive le modalità sono sempre invertite dal *"molto bene"* al *"molto male"*. Poiché tutto ciò può determinare conseguenze nella stima della prevalenza delle persone in buona salute, i confronti temporali dell'indicatore di speranza di vita in buona salute devono essere interpretati con cautela, considerando primo tra tutti l'impatto di rottura di serie storica dell'indicatore a partire dal 2009, oltre ai possibili effetti dell'inversione di scala che si aveva precedentemente al 2005. Gli indicatori di questa sezione provengono da indagini campionarie e pertanto sono delle stime soggette ad errore statistico.

La speranza di vita in buona salute nella popolazione over 65 lombarda si colloca ai livelli superiori rispetto alla media nazionale e tra le più elevate in Italia. Il trend è sovrapponibile nei due generi. Le regioni del bacino alpino-padano nel complesso evidenziano una speranza di vita in buona salute nella popolazione over 65 mediamente due volte superiore a quella delle regioni meridionali. Il trend in discesa evidenziato nelle regioni del bacino alpino-padano dal '09 è in linea con il contesto nazionale, apparendo comunque inferiore a quello evidenziato dalle regioni meridionali.

Tabella 35: Speranza di Vita in Buona salute over 65 - Maschi.

	2005	2010	2012	2013
Italia	4,7	9,0	7,0	6,7
Piemonte	5,3	10,0	7,3	6,9
Valle d'Aosta	6,0	8,6	7,9	6,0
Lombardia	5,7	9,9	7,8	8,2
Trentino-AA	6,4	11,2	10,2	9,9
Veneto	5,5	8,2	8,3	7,9
Friuli-VG	5,2	10,2	8,1	9,6
Liguria	5,0	10,3	7,6	7,6
Emilia-R	5,7	9,8	7,6	7,8
Toscana	4,3	10,3	7,2	7,8
Umbria	4,6	8,3	6,4	7,4
Marche	3,6	10,4	8,4	6,4
Lazio	4,0	7,7	7,1	5,9
Abruzzo	4,3	8,5	5,4	5,3
Molise	3,3	7,7	7,9	6,2
Campania	3,6	7,0	6,2	4,5
Puglia	4,1	8,2	5,4	5,4
Basilicata	4,7	8,9	5,1	3,5
Calabria	2,9	7,6	3,5	3,1
Sicilia	3,9	7,8	5,3	5,6
Sardegna	4,0	9,5	5,6	6,5

Tabella. 36: Speranza di Vita in Buona salute over 65 – Femmine

	2005	2010	2012	2013
Italia	4,0	9,0	5,9	5,7
Piemonte	4,9	10,7	5,2	5,8
Valle d'Aosta	6,2	8,9	6,8	8,1
Lombardia	5,4	10,9	6,9	7,2
Trentino-AA	7,0	11,0	10,6	10,0
Veneto	5,2	9,2	6,2	7,2
Friuli-VG	5,1	11,1	9,3	7,8
Liguria	4,3	10,7	7,0	6,7
Emilia-R	4,5	9,6	7,0	7,1
Toscana	3,7	8,8	6,5	5,6
Umbria	3,9	7,5	5,0	6,9
Marche	3,1	9,3	6,7	5,6
Lazio	3,1	8,9	6,5	6,0
Abruzzo	3,2	9,4	4,7	5,1
Molise	3,0	7,6	7,0	5,0
Campania	2,7	7,6	5,3	3,4
Puglia	3,0	7,5	3,8	3,4
Basilicata	3,1	6,8	3,4	3,9
Calabria	2,1	6,2	3,2	2,3
Sicilia	2,9	6,4	3,7	4,3
Sardegna	3,6	7,6	5,6	3,2

Inquinamento ambientale

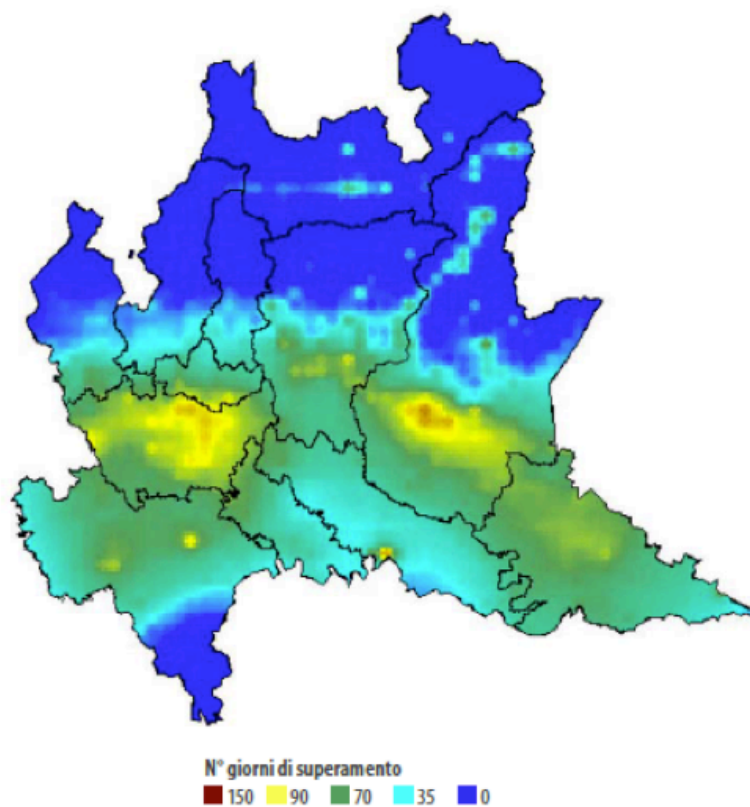
Utilizzando il PM10 come indicatore sintetico dell'inquinamento atmosferico la tabella sottostante riporta il numero di giorni di superamento del limite per la protezione della salute umana previsto dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010 n° 155 nei comuni capoluogo di provincia e rilevato nelle centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria (Fonte ISTAT Anni 2003-2011).

Comuni	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Torino	200	213	199	194	190	150	151	131	158
Vercelli	153	136	158	154	179	75			
Novara	153	80	130	119	117	72	79	74	84
Biella				76	73	43	54	39	77
Cuneo									
Verbania									
Asti		155	124	125	82	50	88	97	117
Alessandria	110	86	107	102	223	20	116	76	125
Aosta	12	32	56	49	14	15	9	13	15
Imperia									
Savona	5	13	48	49	21	19	5	5	27
Genova	62	24	44	83	29	29	44	5	13
LaSpezia	10	11	14	41	17	11	5	2	3
Varese	72	14	79	56	58	21	30	43	69
Como	65	56	122	101	93	75	67	42	76
Lecco	71	62	67	86	64	45	44	36	63
Sondrio	99	75	115	137					44
Milano	69	85	145	137	125	111	104	85	132
Monza									
Bergamo							72	73	99
Brescia	101	77	133	128	94	77	91	89	105
Pavia	52	121	123	113	108	76	98		103
Lodi	137	91	169	163	134	89	94	74	96
Cremona	63	112	156	152	139				
Mantova			124	131	98	69	84	63	107
Bolzano - Bozen	84	62	38	34	22	16	7	11	12
Trento	54	40	69	81	62	43	16	25	44
Verona	158	162	210	194	130	89	92	69	129
Vicenza		158	193	173	143	102	83	83	108
Belluno		54	19	33	12	22			
Treviso									
Venezia	68	87	158	172	150	112	101	108	108
Padova	139	113	194	176	104	91	97	84	95
Rovigo	104	114	122	119	94	79	83	66	98
Pordenone	43	41	59	40	58	51	38	33,00	49,00
Udine	27	4	21	33	44	42	35	28	45
Gorizia	3	3	10	17	24	21	11	15	21
Trieste	18	9	15	19	32	20	12	10	35
Piacenza					122	86	83	60	81
Parma	110	104	54	79	86	76	62	61	93

Comuni	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Reggio nell'Emilia	95	60	90	146	139	110	80	84	86
Modena	86	90	108	130	120	112	79	79	84
Bologna	109	96	100	109	104	68	50	63	69
Ferrara	70	97	90	91	97	74	66	59	73
Ravenna	56	60	52	46	19	45	37	49	64
Forlì	-	-	-	-	-	44	37	45	48
Rimini	57	57	63	79	74	65	29	48	72
Massa									
Lucca	97	126	95	170	131	121	92	98	65
Pistoia	40	86	74	65	61	50	58		
Firenze	257	272	78	87	76	98	88	66	59
Prato	59	49	30	59	52	41	51	45	50
Livorno	161	116	107	58	47	40	20	11	7
Pisa	10	22	34	37	45	36	32	31	44
Arezzo	2	25	41	44	55	44	36	26	34
Siena	79	121	64	51	13	5	-	4	4
Grosseto		144		28	31	29	17	29	2
Perugia	78	57	53	38	34	61	63	27	38
Terni	72	51	66	81	51	42	44	26	69
Pesaro	160	97	136	120	129	73	44	42	56
Ancona	101	165	151	161	136	64	134	96	88
Macerata				43	43	36	50	50	54
Fermo									
Ascoli Piceno	48	35	25	8	2	2	1	7	11
Viterbo	3	10	28	30	13	14	5	3	4
Rieti			6	55	27	27	16	8	24
Roma	92	145	127	141	116	81	67	39	69
Latina	3	18	26	64	41	29	26	28	35
Frosinone	117	93	124	140	136	117	122	108	108
L'Aquila					-	-			
Teramo					37	42	22	42	34
Pescara	140	98	101	122	71	73	52	55	-
Chieti									
Isernia				-	-	8	19	4	10
Campobasso				6	18	14	25	13	13
Caserta	16	39	56	25	7	67	78	25	23
Benevento	27	53	36	38	40	100	65	85	101
Napoli	47	59	37	38	43	135	170	95	53
Avellino	14	77	38	31	19	102	112	36	48
Salerno	4	22	13	39	59	60	58	52	51
Foggia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andria									
Barletta								2,00	21,00
Trani									
Bari	104	146	163	95	72	99	70	32	28
Taranto							13	13	9
Brindisi					-	-	3	13	25

Comuni	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Lecce			94	68	70	49	21	23	34
Potenza		17	8	43	33	27	8	12	4
Matera									
Cosenza							41		55,00
Crotone									
Catanzaro					1	-	63	38	-
ViboValentia					44	56			
Reggio di Calabria									
Trapani									
Palermo	50	47	80	210	109	69	56	59	66
Messina	12	60	11	53	38	48	50		
Agrigento				-	9	7		15	17
Caltanissetta	28	26	25	14	24	22	23	26	20
Enna									
Catania	25	27	56	22	24	45	34	18	17
Ragusa									
Siracusa	186	153	181	282	273	321	309	116	
Sassari				20	36	21	17	12	3
Nuoro			-	11	6	5	3	1	1
Oristano			8	29	16	16	26	27	10
Cagliari	35	58	90	139	38	33	59	98	104
Olbia				39	40	32	27	11	17
Tempio Pausania									
Lanusei									
Tortolì									
Sanluri									
Villacidro									
Carbonia									
Iglesias									
Italia (b)	72,5	75,6	80,5	81,6	66,6	56,0	55,6	44,5	53,1

Il grafico sottostante riporta il numero di giorni registranti, nel corso del 2010, il superamento dei valori limite di qualità dell'aria di PM10 in Lombardia (fonte ARPA Lombardia 2010).



Tassi grezzi di mortalità in diverse aree della provincia di Brescia

Sulla base di quanto già esposto nella metodologia precedentemente definita, le tabelle seguenti esprimono i tassi grezzi di mortalità per ciascun gruppo di patologie oggetto di studio, con colore rosso o verde rispettivamente se in eccesso o in difetto rispetto al tasso grezzo di mortalità dell'entità geografica di confronto utilizzata, fornendo pertanto un'informazione quantitativa di tali differenze.

Tabella 37: Differenze di mortalità grezza per le zone individuate: anno 2004.

2004		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	11,83	2,49	2,14	2,88
	zona 2	8,85	-0,49	-0,84	-0,10
	zona 3	9,19	-0,15	-0,50	0,24
	zona 4	8,15	-1,19	-1,54	-0,80
	zona 5	9,37	0,03	-0,32	0,42
	Bs provincia	9,34			
	Lombardia	9,69			
	Italia	8,95			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	3,99	1,74	1,37	1,74
	zona 2	1,92	-0,33	-0,70	-0,33
	zona 3	2,15	-0,10	-0,47	-0,10
	zona 4	1,32	-0,93	-1,30	-0,93
	zona 5	1,75	-0,50	-0,87	-0,50
	Bs provincia	2,25			
	Lombardia	2,62			
	Italia	2,25			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,57	1,33	1,05	1,05
	zona 2	2,33	0,09	-0,19	-0,19
	zona 3	1,88	-0,36	-0,64	-0,64
	zona 4	1,76	-0,48	-0,76	-0,76
	zona 5	2,04	-0,20	-0,48	-0,48
	Bs provincia	2,24			
	Lombardia	2,52			
	Italia	2,52			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	2,59	0,60	0,39	0,49
	zona 2	1,77	-0,22	-0,43	-0,33
	zona 3	1,99	0,00	-0,21	-0,11
	zona 4	1,21	-0,78	-0,99	-0,89
	zona 5	2,43	0,44	0,23	0,33
	Bs provincia	1,99			
	Lombardia	2,20			
	Italia	2,10			

2004		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	13,61	1,01	0,89	-0,04
	zona 2	13,80	1,20	1,08	0,15
	zona 3	12,96	0,36	0,24	-0,69
	zona 4	10,02	-2,58	-2,70	-3,63
	zona 5	12,23	-0,37	-0,49	-1,42
	Bs provincia	12,60			
	Lombardia	12,72			
	Italia	13,65			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	13,07	-0,73	0,97	0,87
	zona 2	16,32	2,52	4,22	4,12
	zona 3	13,97	0,17	1,87	1,77
	zona 4	11,66	-2,14	-0,44	-0,54
	zona 5	12,13	-1,67	0,03	-0,07
	Bs provincia	13,80			
	Lombardia	12,10			
	Italia	12,20			
malattie bpco - Maschi	Bs città	4,46	0,42	1,10	0,04
	zona 2	4,43	0,39	1,07	0,01
	zona 3	4,00	-0,04	0,64	-0,42
	zona 4	2,75	-1,29	-0,61	-1,67
	zona 5	4,48	0,44	1,12	0,06
	Bs provincia	4,04			
	Lombardia	3,36			
	Italia	4,42			
malattie bpco - Femmine	Bs città	3,49	0,68	0,98	1,07
	zona 2	1,92	-0,89	-0,59	-0,50
	zona 3	3,20	0,39	0,69	0,78
	zona 4	1,76	-1,05	-0,75	-0,66
	zona 5	3,50	0,69	0,99	1,08
	Bs provincia	2,81			
	Lombardia	2,51			
	Italia	2,42			

Tabella 38: Differenze di mortalità grezza per le zone individuate: anno 2010.

2010		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	11,31	3,16	2,30	2,67
	zona 2	8,56	0,41	-0,45	-0,08
	zona 3	8,06	-0,09	-0,95	-0,58
	zona 4	6,79	-1,36	-2,22	-1,85
	zona 5	7,38	-0,77	-1,63	-1,26
	Bs provincia	8,15			
	Lombardia	9,01			
	Italia	8,64			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	5,11	2,26	2,01	2,46
	zona 2	2,69	-0,16	-0,41	0,04
	zona 3	2,32	-0,53	-0,78	-0,33
	zona 4	2,45	-0,40	-0,65	-0,20
	zona 5	2,50	-0,35	-0,60	-0,15
	Bs provincia	2,85			
	Lombardia	3,10			
	Italia	2,65			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,28	1,09	0,64	0,75
	zona 2	1,80	-0,39	-0,84	-0,73
	zona 3	2,44	0,25	-0,20	-0,09
	zona 4	1,94	-0,25	-0,70	-0,59
	zona 5	1,75	-0,44	-0,89	-0,78
	Bs provincia	2,19			
	Lombardia	2,64			
	Italia	2,53			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	3,31	1,21	1,08	1,21
	zona 2	1,91	-0,19	-0,32	-0,19
	zona 3	1,97	-0,13	-0,26	-0,13
	zona 4	2,15	0,05	-0,08	0,05
	zona 5	1,50	-0,60	-0,73	-0,60
	Bs provincia	2,10			
	Lombardia	2,23			
	Italia	2,10			

2010		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	14,26	3,38	3,16	1,74
	zona 2	12,88	2,00	1,78	0,36
	zona 3	10,29	-0,59	-0,81	-2,23
	zona 4	8,63	-2,25	-2,47	-3,89
	zona 5	10,01	-0,87	-1,09	-2,51
	Bs provincia	10,88			
	Lombardia	11,10			
	Italia	12,52			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	15,64	2,16	4,94	4,31
	zona 2	16,35	2,87	5,65	5,02
	zona 3	12,76	-0,72	2,06	1,43
	zona 4	9,49	-3,99	-1,21	-1,84
	zona 5	14,12	0,64	3,42	2,79
	Bs provincia	13,48			
	Lombardia	10,70			
	Italia	11,33			
malattie bpco - Maschi	Bs città	2,60	-0,44	-0,69	-1,87
	zona 2	3,09	0,05	-0,20	-1,38
	zona 3	2,75	-0,29	-0,54	-1,72
	zona 4	4,07	1,03	0,78	-0,40
	zona 5	3,38	0,34	0,09	-1,09
	Bs provincia	3,04			
	Lombardia	3,29			
	Italia	4,47			
malattie bpco - Femmine	Bs città	4,81	1,79	2,22	2,12
	zona 2	2,62	-0,40	0,03	-0,07
	zona 3	2,37	-0,65	-0,22	-0,32
	zona 4	2,64	-0,38	0,05	-0,05
	zona 5	3,62	0,60	1,03	0,93
	Bs provincia	3,02			
	Lombardia	2,59			
	Italia	2,69			

Tabella 39: Differenze di mortalità grezza per le zone individuate: anno 2013.

2013		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	10,89	3,07	2,27	2,49
	zona 2	7,45	-0,37	-1,17	-0,95
	zona 3	7,19	-0,63	-1,43	-1,21
	zona 4	7,89	0,07	-0,73	-0,51
	zona 5	6,90	-0,92	-1,72	-1,50
	Bs provincia	7,82			
	Lombardia	8,62			
	Italia	8,40			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	4,38	1,40	1,06	1,53
	zona 2	3,17	0,19	-0,15	0,32
	zona 3	2,45	-0,53	-0,87	-0,40
	zona 4	2,64	-0,34	-0,68	-0,21
	zona 5	2,82	-0,16	-0,50	-0,03
	Bs provincia	2,98			
	Lombardia	3,32			
	Italia	2,85			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,74	1,51	0,94	1,05
	zona 2	2,08	-0,15	-0,72	-0,61
	zona 3	2,13	-0,10	-0,67	-0,56
	zona 4	1,88	-0,35	-0,92	-0,81
	zona 5	1,72	-0,51	-1,08	-0,97
	Bs provincia	2,23			
	Lombardia	2,80			
	Italia	2,69			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	1,89	-0,01	-0,40	-0,28
	zona 2	2,32	0,42	0,03	0,15
	zona 3	1,91	0,01	-0,38	-0,26
	zona 4	1,60	-0,30	-0,69	-0,57
	zona 5	1,59	-0,31	-0,70	-0,58
	Bs provincia	1,90			
	Lombardia	2,29			
	Italia	2,17			

2013		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	14,19	2,77	3,38	1,72
	zona 2	14,75	3,33	3,94	2,28
	zona 3	9,97	-1,45	-0,84	-2,50
	zona 4	9,48	-1,94	-1,33	-2,99
	zona 5	9,23	-2,19	-1,58	-3,24
	Bs provincia	11,42			
	Lombardia	10,81			
	Italia	12,47			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	15,04	3,00	5,02	3,85
	zona 2	13,93	1,89	3,91	2,74
	zona 3	11,38	-0,66	1,36	0,19
	zona 4	8,30	-3,74	-1,72	-2,89
	zona 5	11,77	-0,27	1,75	0,58
	Bs provincia	12,04			
	Lombardia	10,02			
	Italia	11,19			
malattie bpco - Maschi	Bs città	2,84	-0,01	-0,39	-1,30
	zona 2	3,15	0,30	-0,08	-0,99
	zona 3	2,58	-0,27	-0,65	-1,56
	zona 4	2,63	-0,22	-0,60	-1,51
	zona 5	3,45	0,60	0,22	-0,69
	Bs provincia	2,85			
	Lombardia	3,23			
	Italia	4,14			
malattie bpco - Femmine	Bs città	4,38	1,63	1,83	1,67
	zona 2	2,39	-0,36	-0,16	-0,32
	zona 3	2,40	-0,35	-0,15	-0,31
	zona 4	2,07	-0,68	-0,48	-0,64
	zona 5	3,19	0,44	0,64	0,48
	Bs provincia	2,75			
	Lombardia	2,55			
	Italia	2,71			

A titolo esemplificativo per le cinque aree della provincia di Brescia si fornisce nelle figure seguenti una rappresentazione grafica cromatica dei range dei tassi grezzi di mortalità rispetto a quelli della Regione Lombardia.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per tumori maligni di trachea bronchi e polmoni risulta che:

- per il genere maschile la *zona 1* (Brescia Città) presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio (2004, 2010, 2013).
- per il genere femminile la *zona 1* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla regione Lombardia e all'Italia nel 2010 e nel 2013.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per tumori maligni dei tessuti linfatici risulta che:

- per il genere maschile la *zona 1* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio.
- per il genere femminile la *zona 1* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla regione Lombardia e all'Italia nel 2004 e nel 2010.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per malattie ischemiche del cuore risulta che:

- per il genere maschile la *zona 2* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio, la *zona 1* presenta eccessi nel 2010 e nel 2013.
- Per il genere femminile la *zona 2* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio. La *zona 1* presenta eccessi nel 2010 e nel 2013.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per broncopneumopatie croniche ostruttive risulta che:

- Per il genere maschile le *zone 1,2 e 5* presentano eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2004;
- Per il genere femminile le *zone 1 e 5* presentano eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio e nella *zona 3* solo nel 2004.

Si rimanda alle tabelle 37 - 39 per un confronto più puntuale dei dati analizzati.

Passando all'analisi per anelli concentrici rispetto al comune capoluogo si sono ottenuti i tassi riportati nelle tabelle 40- 45. E nelle figure 26-32 prodotte con lo stesso metodo richiamato per l'identificazione delle aree di cui alle precedenti figure.

Tumori trachea bronchi polmoni M 2013

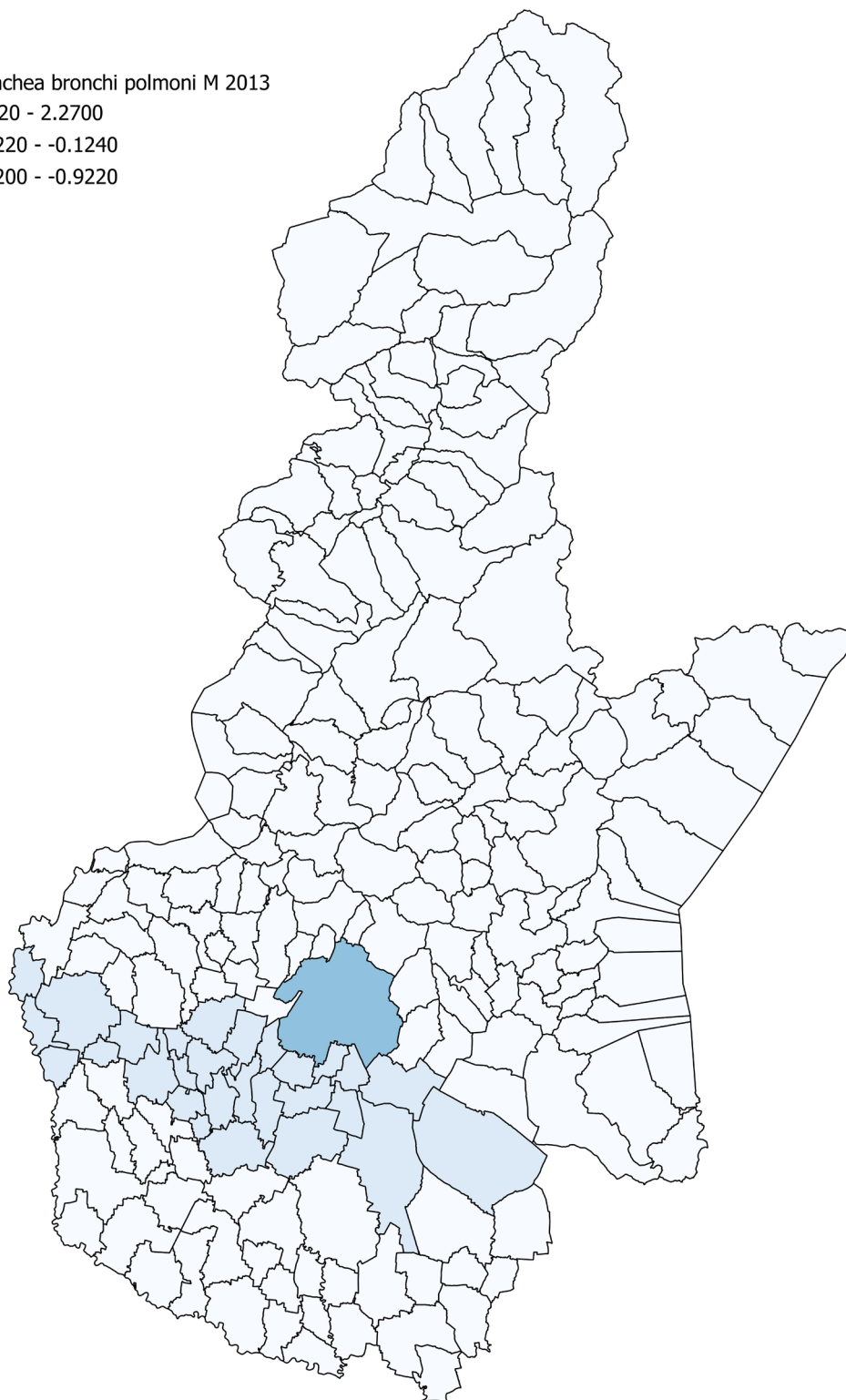
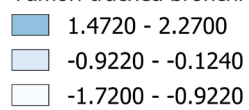


Figura 22: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori trachea bronchi e polmoni.

Tumori trachea bronchi polmoni F 2013

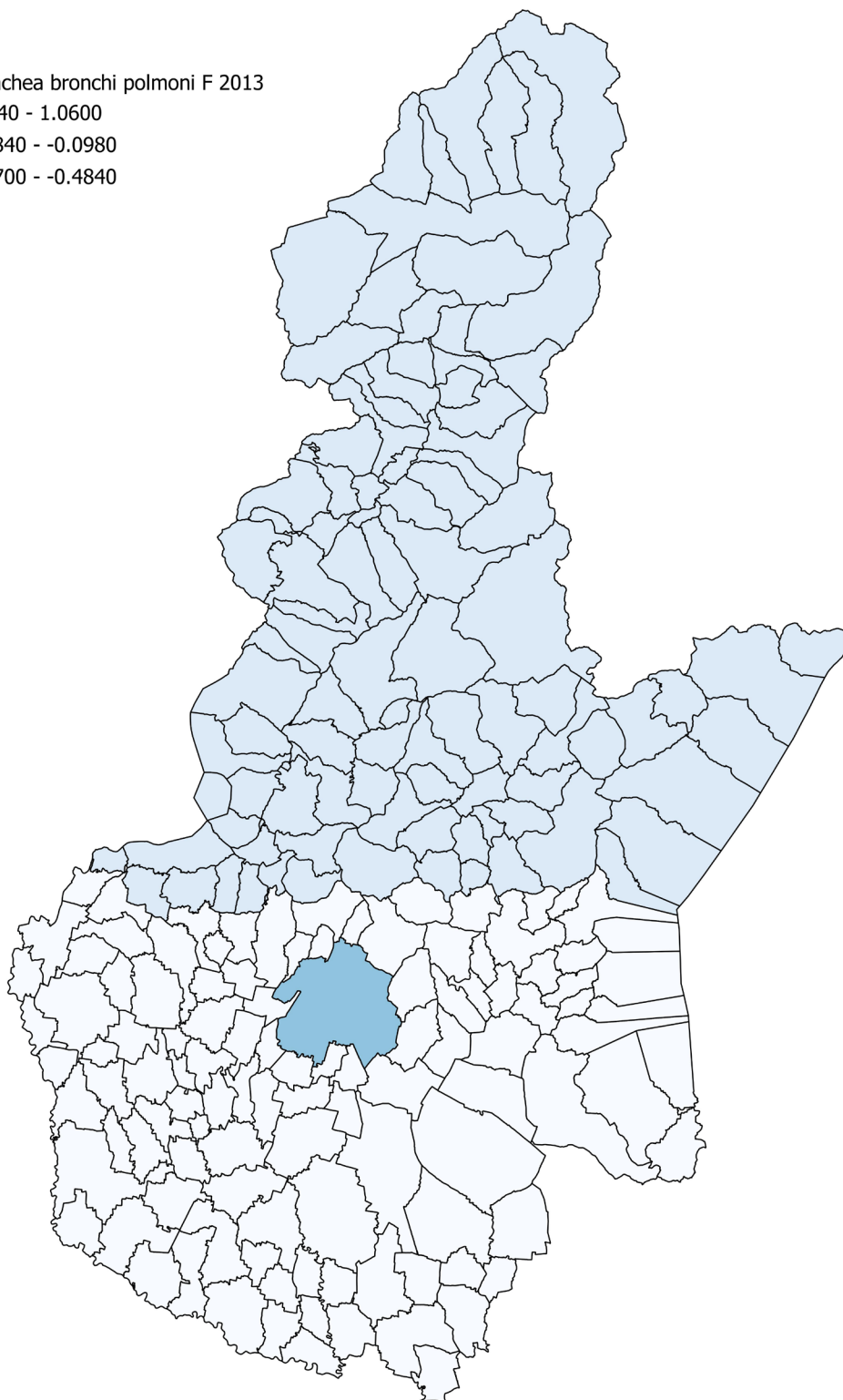
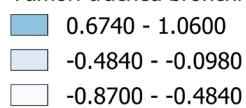


Figura 23: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori trachea bronchi e polmoni.

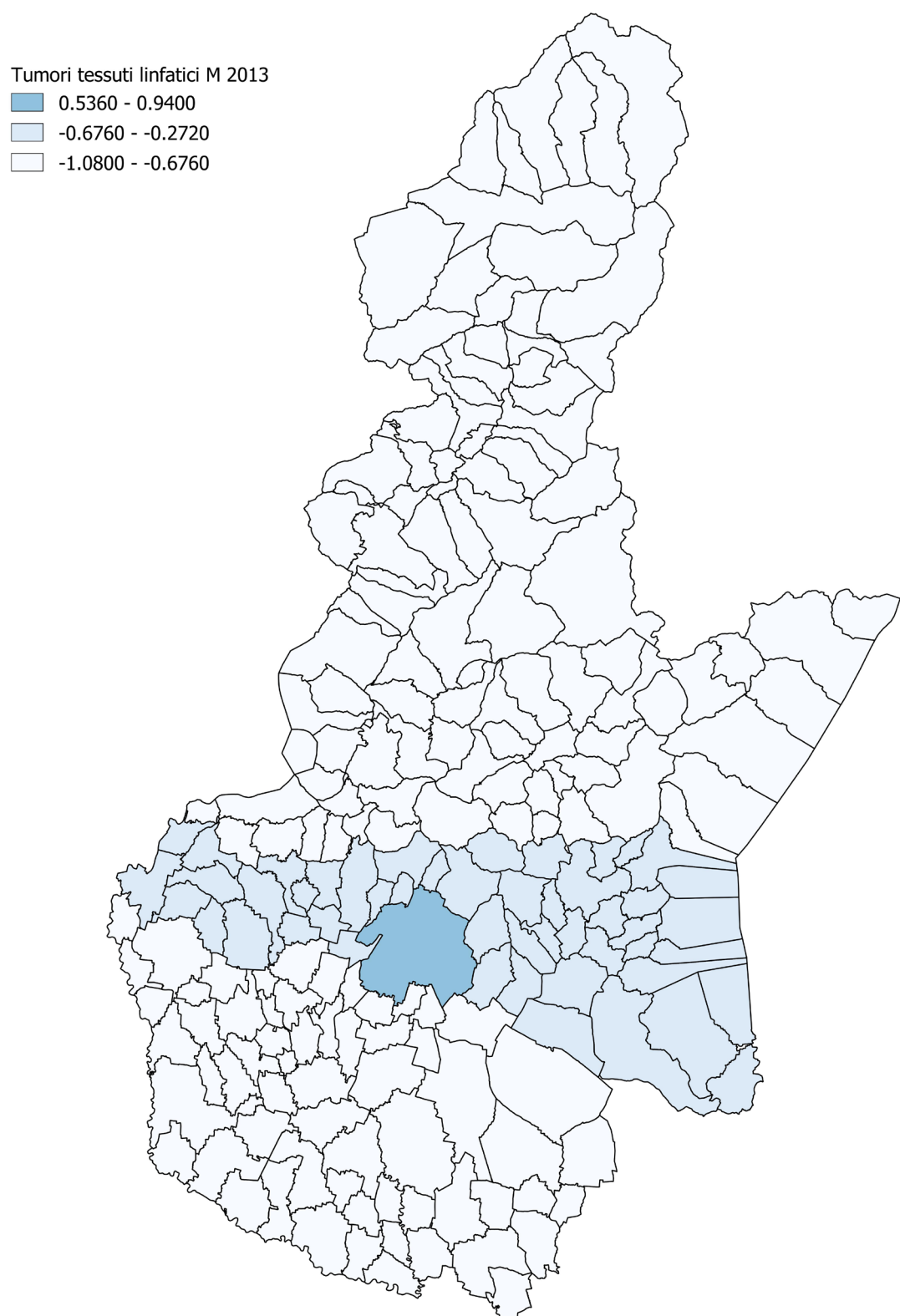


Figura 24: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori tessuto linfatico.

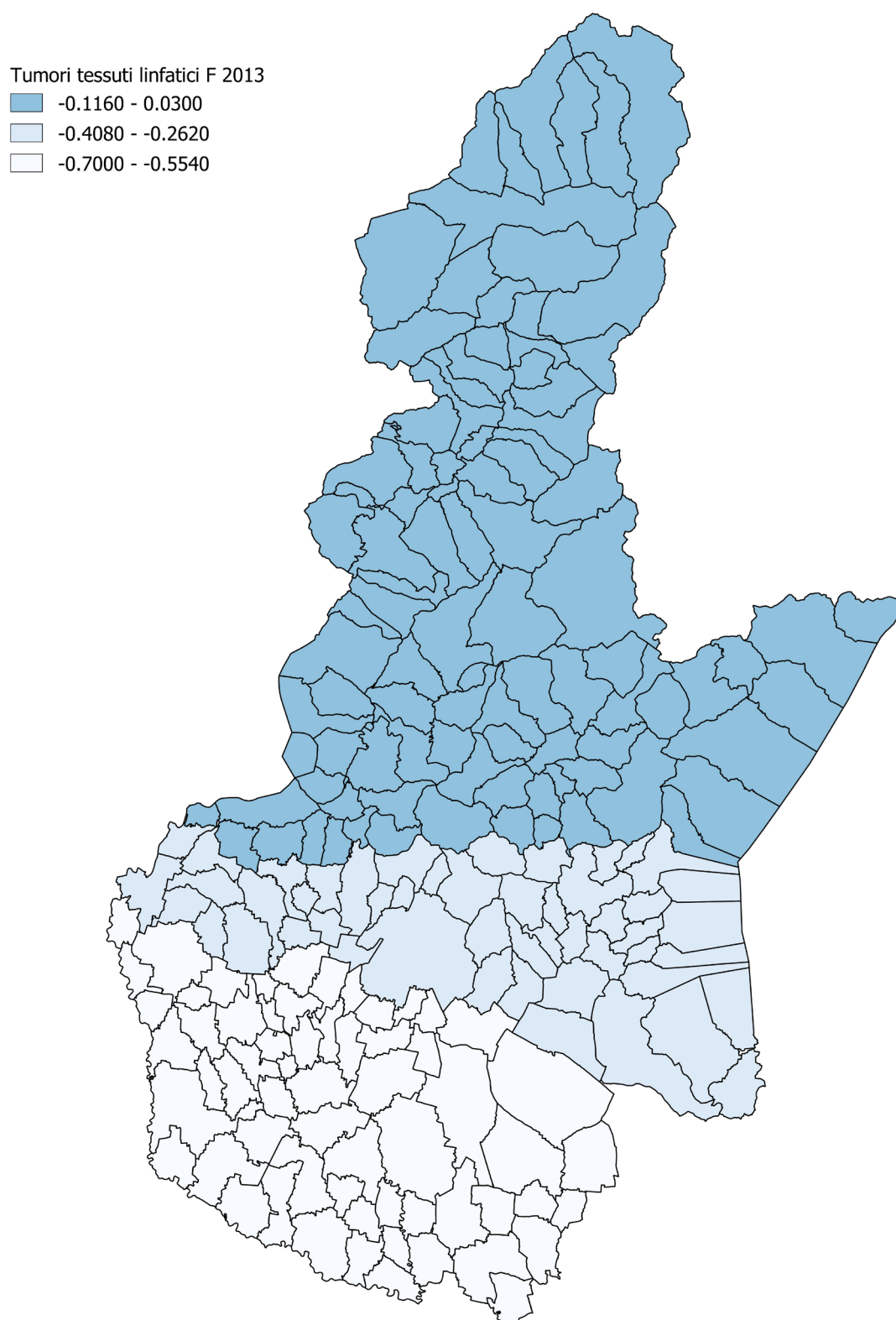


Figura 25: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori tessuto linfatico.

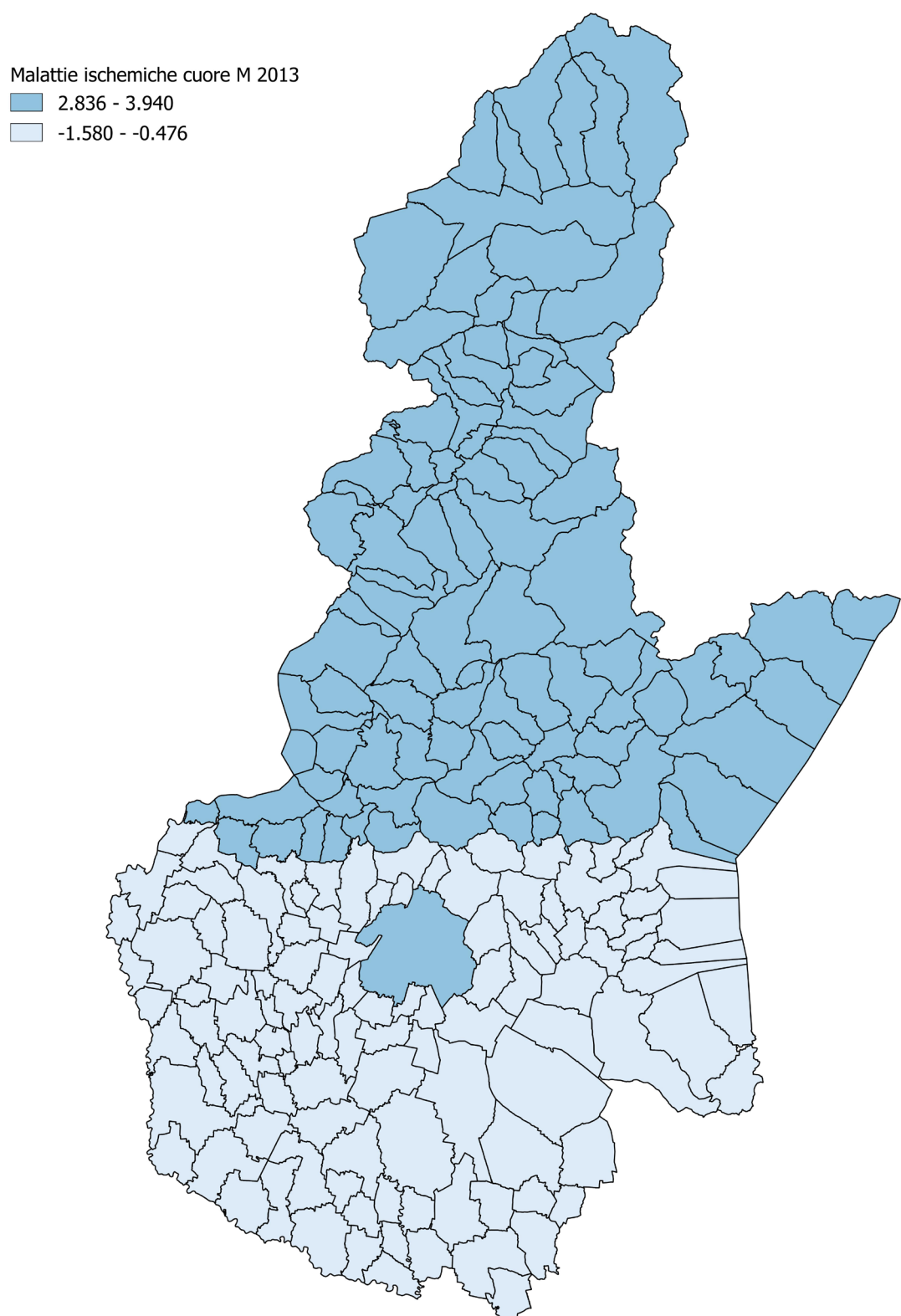


Figura 26: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): malattie ischemiche

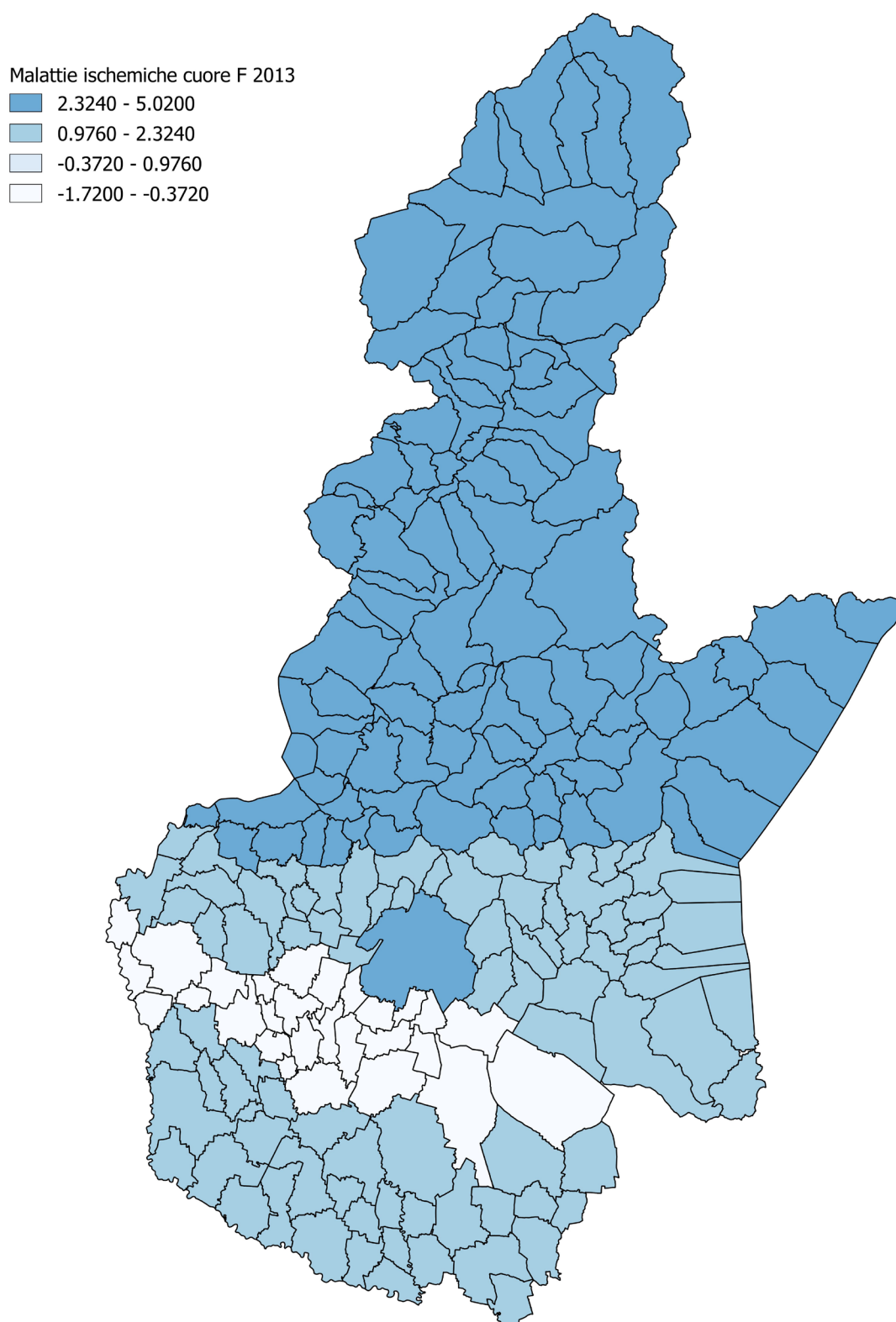


Figura 27: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): malattie ischemiche

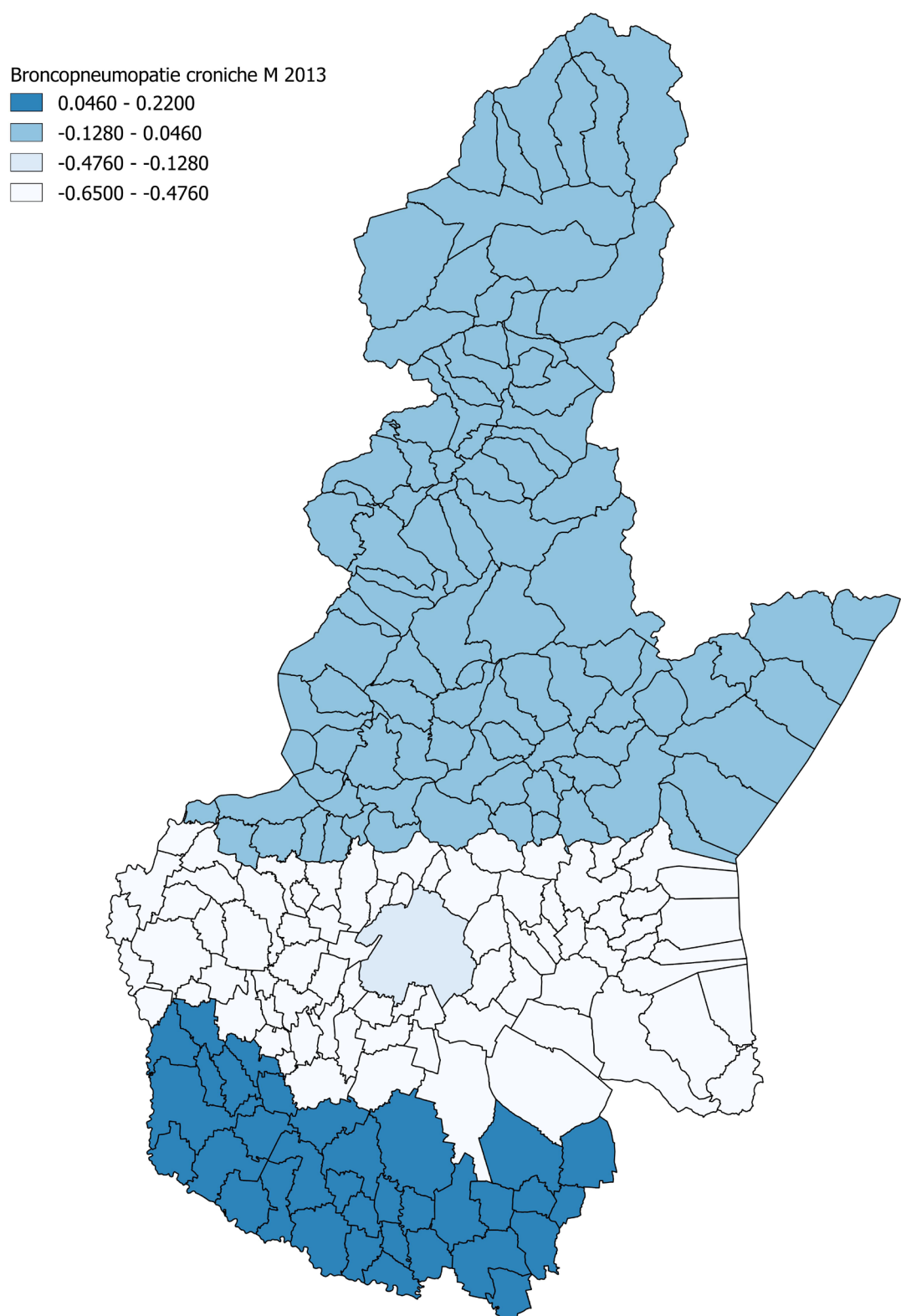


Figura 28: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): broncopneumopatie croniche.

Broncopneumopatie croniche F 2013

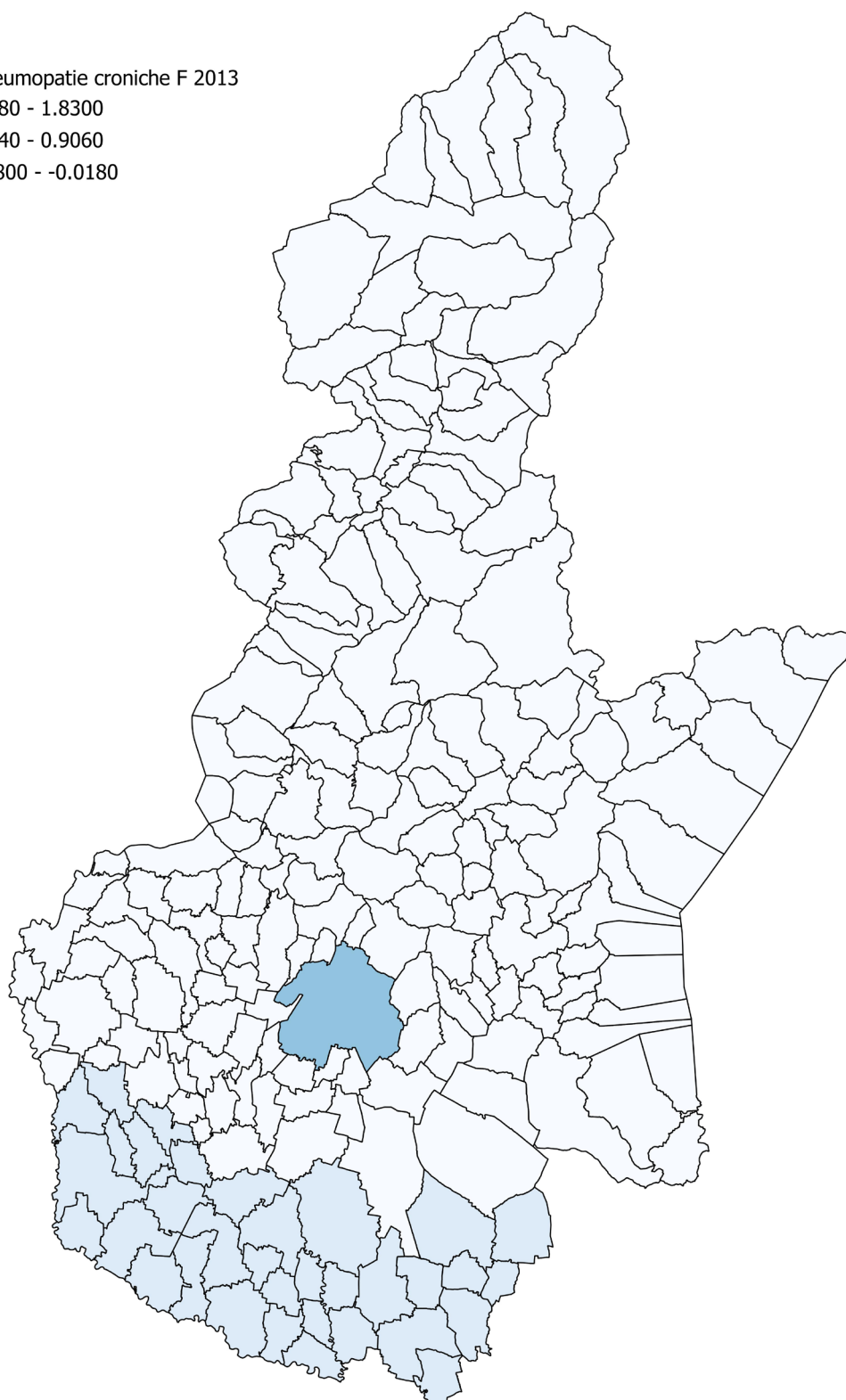
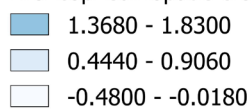


Figura 29: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): broncopneumopatie croniche.

Tabella 40: Differenze di mortalità grezza per le aree concentriche: anno 2004.

2004		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	11,83	2,49	2,14	2,88
	anello 1	8,24	-1,10	-1,45	-0,71
	anello 2	8,71	-0,63	-0,98	-0,24
	Bs provincia	9,34			
	Lombardia	9,69			
	Italia	8,95			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	3,99	1,74	1,37	1,74
	anello 1	1,15	-1,10	-1,47	-1,10
	anello 2	1,79	-0,46	-0,83	-0,46
	Bs provincia	2,25			
	Lombardia	2,62			
	Italia	2,25			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,57	1,33	1,05	1,05
	anello 1	2,09	-0,15	-0,43	-0,43
	anello 2	2,24	0,00	-0,28	-0,28
	Bs provincia	2,24			
	Lombardia	2,52			
	Italia	2,52			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	2,59	0,60	0,39	0,49
	anello 1	1,15	-0,84	-1,05	-0,95
	anello 2	2,06	0,07	-0,14	-0,04
	Bs provincia	1,99			
	Lombardia	2,20			
	Italia	2,10			

2004		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	13,61	1,01	0,89	-0,04
	anello 1	11,51	-1,09	-1,21	-2,14
	anello 2	12,12	-0,48	-0,60	-1,53
	Bs provincia	12,60			
	Lombardia	12,72			
	Italia	13,65			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	13,07	-0,73	0,97	0,87
	anello 1	13,25	-0,55	1,15	1,05
	anello 2	14,75	0,95	2,65	2,55
	Bs provincia	13,80			
	Lombardia	12,10			
	Italia	12,20			
malattie bpc - Maschi	Bs città	4,46	0,42	1,10	0,04
	anello 1	3,40	-0,64	0,04	-1,02
	anello 2	2,87	-1,17	-0,49	-1,55
	Bs provincia	4,04			
	Lombardia	3,36			
	Italia	4,42			
malattie bpc - Femmine	Bs città	3,49	0,68	0,98	1,07
	anello 1	2,93	0,12	0,42	0,51
	anello 2	2,50	-0,31	-0,01	0,08
	Bs provincia	2,81			
	Lombardia	2,51			
	Italia	2,42			

Tabella 41: Differenze di mortalità grezza per le aree concentriche: anno 2010.

2010		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	11,31	3,16	2,30	2,67
	anello 1	5,58	-2,57	-3,43	-3,06
	anello 2	7,81	-0,34	-1,20	-0,83
	Bs provincia	8,15			
	Lombardia	9,01			
	Italia	8,64			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	5,11	2,26	2,01	2,46
	anello 1	1,51	-1,34	-1,59	-1,14
	anello 2	2,68	-0,17	-0,42	0,03
	Bs provincia	2,85			
	Lombardia	3,10			
	Italia	2,65			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,28	1,09	0,64	0,75
	anello 1	1,54	-0,65	-1,10	-0,99
	anello 2	2,52	0,33	-0,12	-0,01
	Bs provincia	2,19			
	Lombardia	2,64			
	Italia	2,53			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	3,31	1,21	1,08	1,21
	anello 1	1,62	-0,48	-0,61	-0,48
	anello 2	2,03	-0,07	-0,20	-0,07
	Bs provincia	2,10			
	Lombardia	2,23			
	Italia	2,10			

2010		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	14,26	3,38	3,16	1,74
	anello 1	9,14	-1,74	-1,96	-3,38
	anello 2	9,60	-1,28	-1,50	-2,92
	Bs provincia	10,88			
	Lombardia	11,10			
	Italia	12,52			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	15,64	2,16	4,94	4,31
	anello 1	11,12	-2,36	0,42	-0,21
	anello 2	11,86	-1,62	1,16	0,53
	Bs provincia	13,48			
	Lombardia	10,70			
	Italia	11,33			
malattie bpco - Maschi	Bs città	2,60	-0,44	-0,69	-1,87
	anello 1	2,14	-0,90	-1,15	-2,33
	anello 2	3,25	0,21	-0,04	-1,22
	Bs provincia	3,04			
	Lombardia	3,29			
	Italia	4,47			
malattie bpco - Femmine	Bs città	4,81	1,79	2,22	2,12
	anello 1	1,85	-1,17	-0,74	-0,84
	anello 2	2,52	-0,50	-0,07	-0,17
	Bs provincia	3,02			
	Lombardia	2,59			
	Italia	2,69			

Tabella 42: Differenze di mortalità grezza per le aree concentriche: anno 2013.

2013		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
tumori maligni tbp - Maschi	Bs città	10,89	3,07	2,27	2,49
	anello 1	8,36	0,54	-0,26	-0,04
	anello 2	6,31	-1,51	-2,31	-2,09
	Bs provincia	7,82			
	Lombardia	8,62			
	Italia	8,40			
tumori maligni tbp - Femmine	Bs città	4,38	1,40	1,06	1,53
	anello 1	2,04	-0,94	-1,28	-0,81
	anello 2	2,68	-0,30	-0,64	-0,17
	Bs provincia	2,98			
	Lombardia	3,32			
	Italia	2,85			
tumori maligni linfatici - Maschi	Bs città	3,74	1,51	0,94	1,05
	anello 1	1,51	-0,72	-1,29	-1,18
	anello 2	2,37	0,14	-0,43	-0,32
	Bs provincia	2,23			
	Lombardia	2,80			
	Italia	2,69			
tumori maligni linfatici - Femmine	Bs città	1,89	-0,01	-0,40	-0,28
	anello 1	1,81	-0,09	-0,48	-0,36
	anello 2	1,49	-0,41	-0,80	-0,68
	Bs provincia	1,90			
	Lombardia	2,29			
	Italia	2,17			

2013		tasso*	vs Bs prov.	vs Lombardia	vs Italia
ischemie cuore - Maschi	Bs città	14,19	2,77	3,38	1,72
	anello 1	9,52	-1,90	-1,29	-2,95
	anello 2	10,25	-1,17	-0,56	-2,22
	Bs provincia	11,42			
	Lombardia	10,81			
	Italia	12,47			
ischemie cuore - Femmine	Bs città	15,04	3,00	5,02	3,85
	anello 1	11,87	-0,17	1,85	0,68
	anello 2	9,99	-2,05	-0,03	-1,20
	Bs provincia	12,04			
	Lombardia	10,02			
	Italia	11,19			
malattie bpco - Maschi	Bs città	2,84	-0,01	-0,39	-1,30
	anello 1	2,09	-0,76	-1,14	-2,05
	anello 2	2,92	0,07	-0,31	-1,22
	Bs provincia	2,85			
	Lombardia	3,23			
	Italia	4,14			
malattie bpco - Femmine	Bs città	4,38	1,63	1,83	1,67
	anello 1	1,58	-1,17	-0,97	-1,13
	anello 2	2,52	-0,23	-0,03	-0,19
	Bs provincia	2,75			
	Lombardia	2,55			
	Italia	2,71			

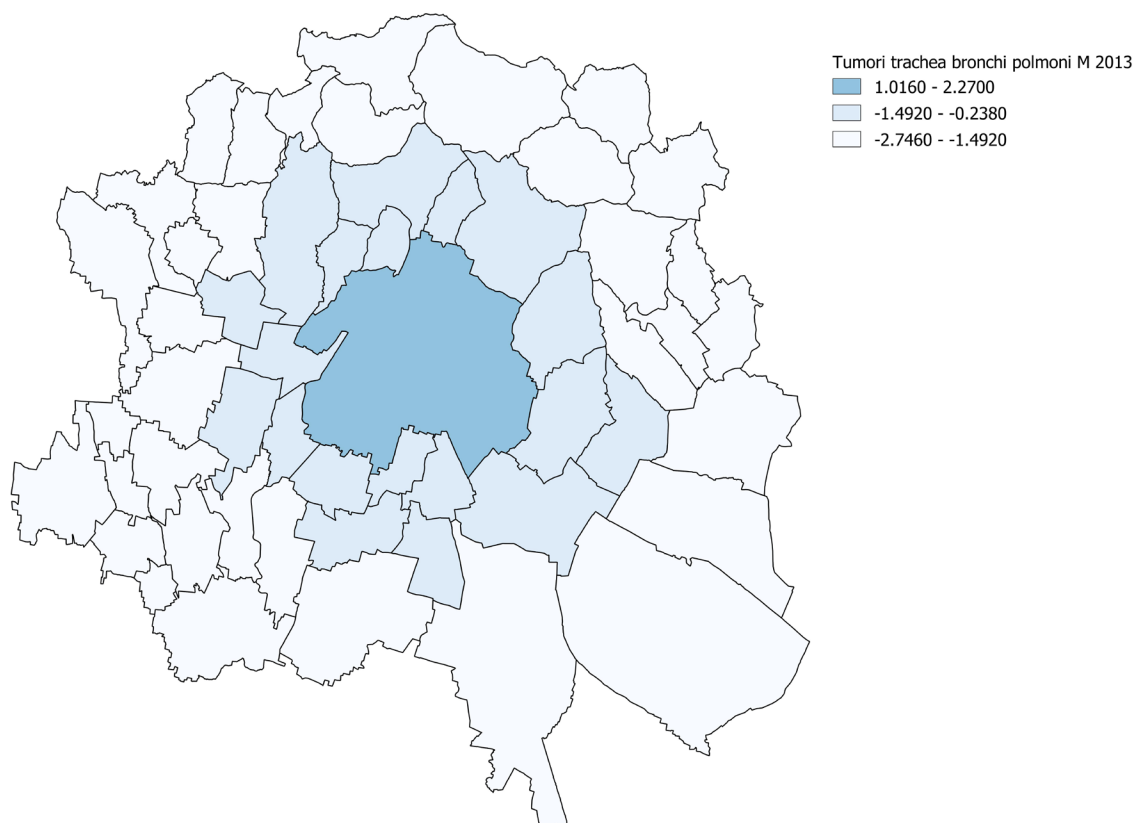


Figura 30: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori trachea bronchi e polmoni.

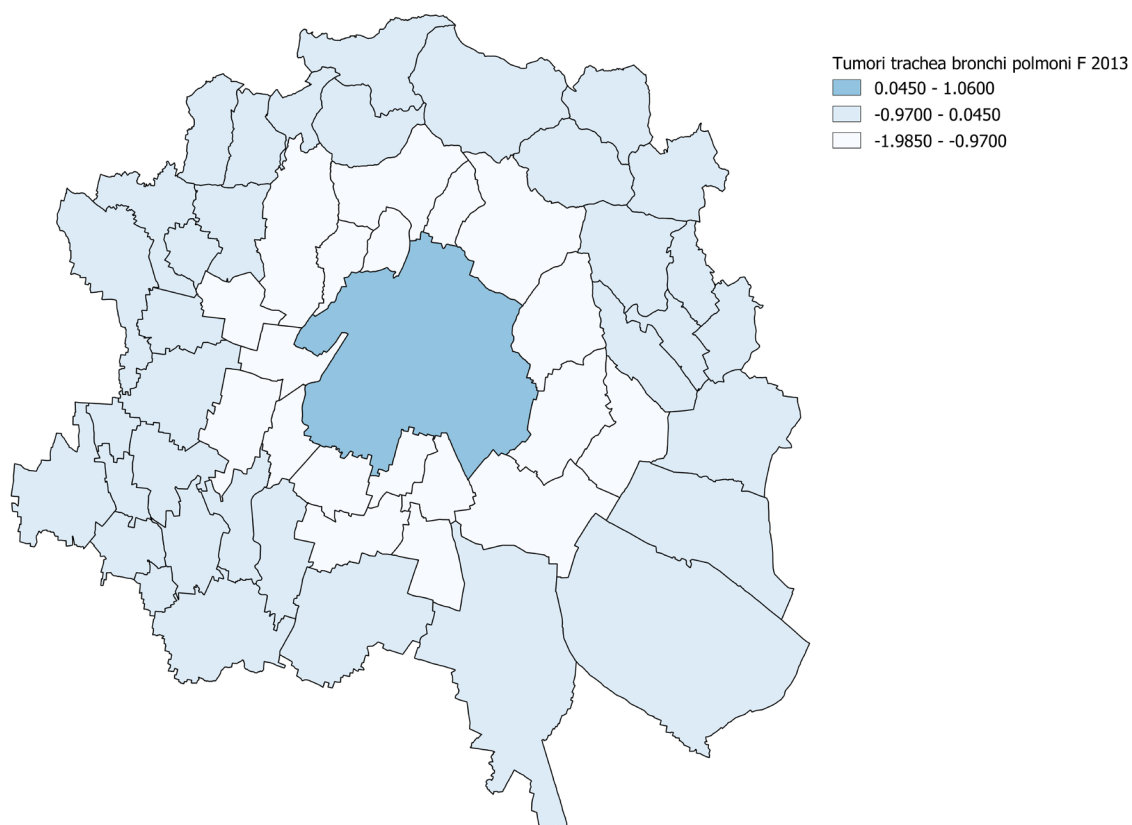


Figura 31: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori trachea bronchi e polmoni.

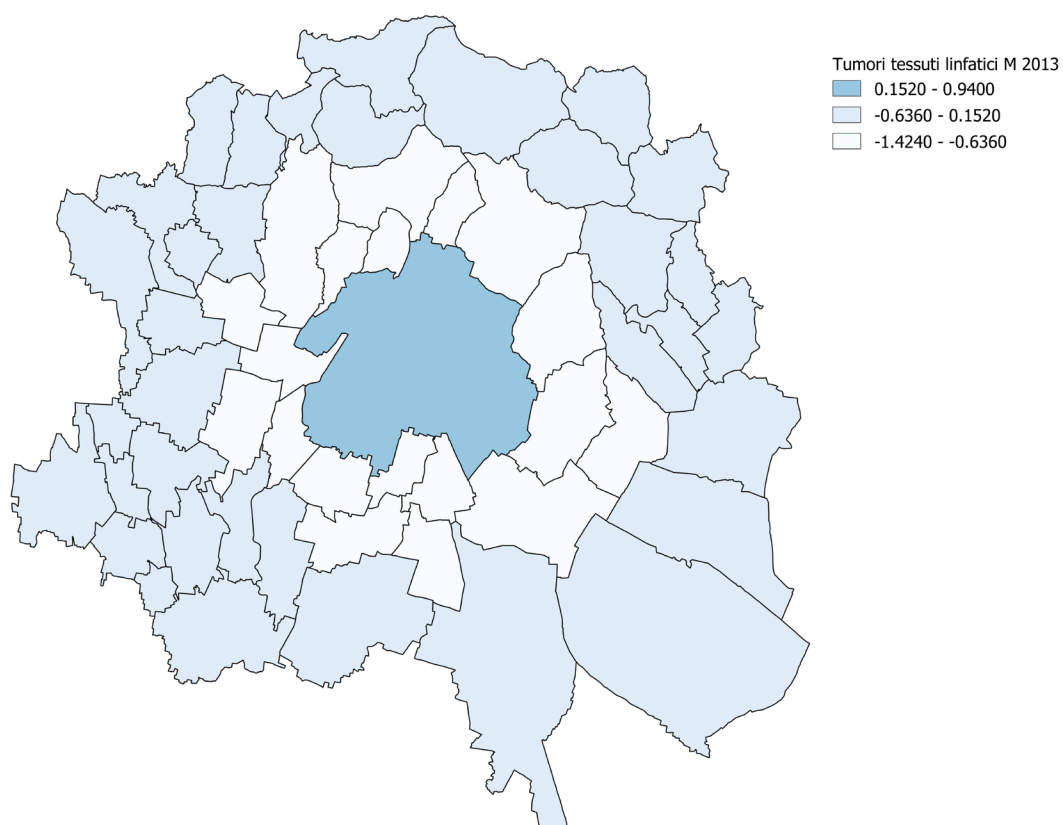


Figura 32: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori tessuto linfatico.

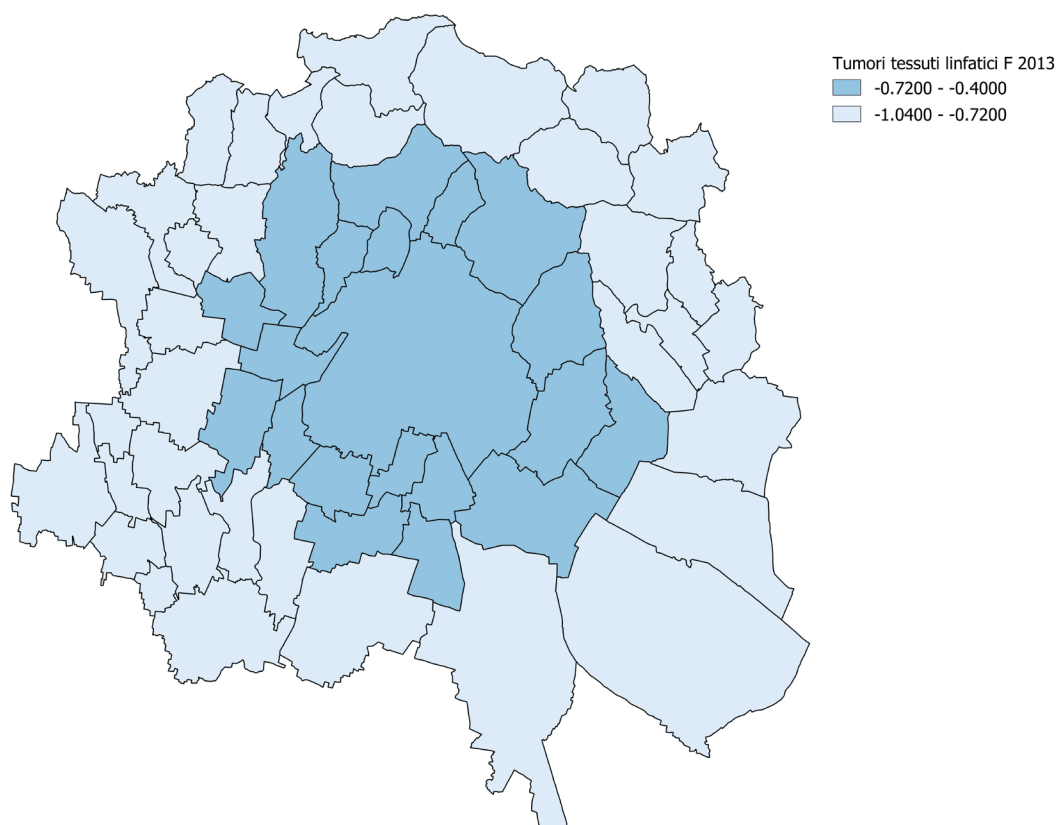


Figura 33: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): tumori tessuto linfatico.

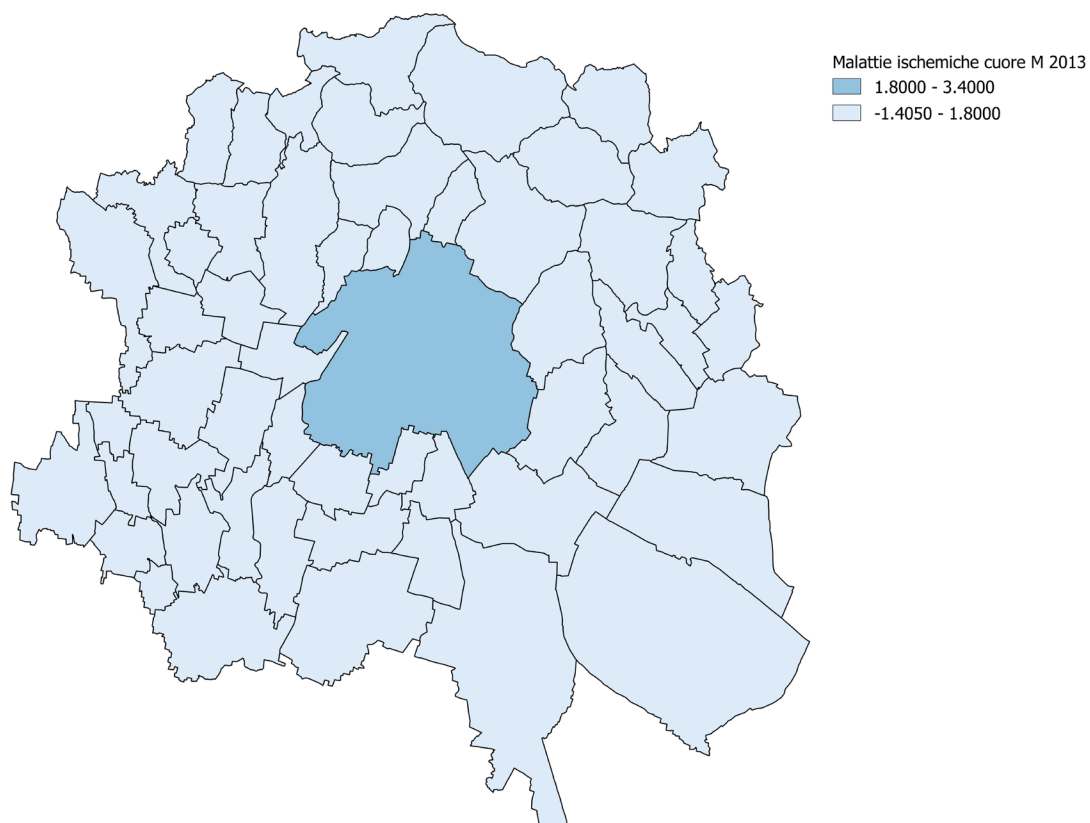


Figura 34: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): malattie ischemiche

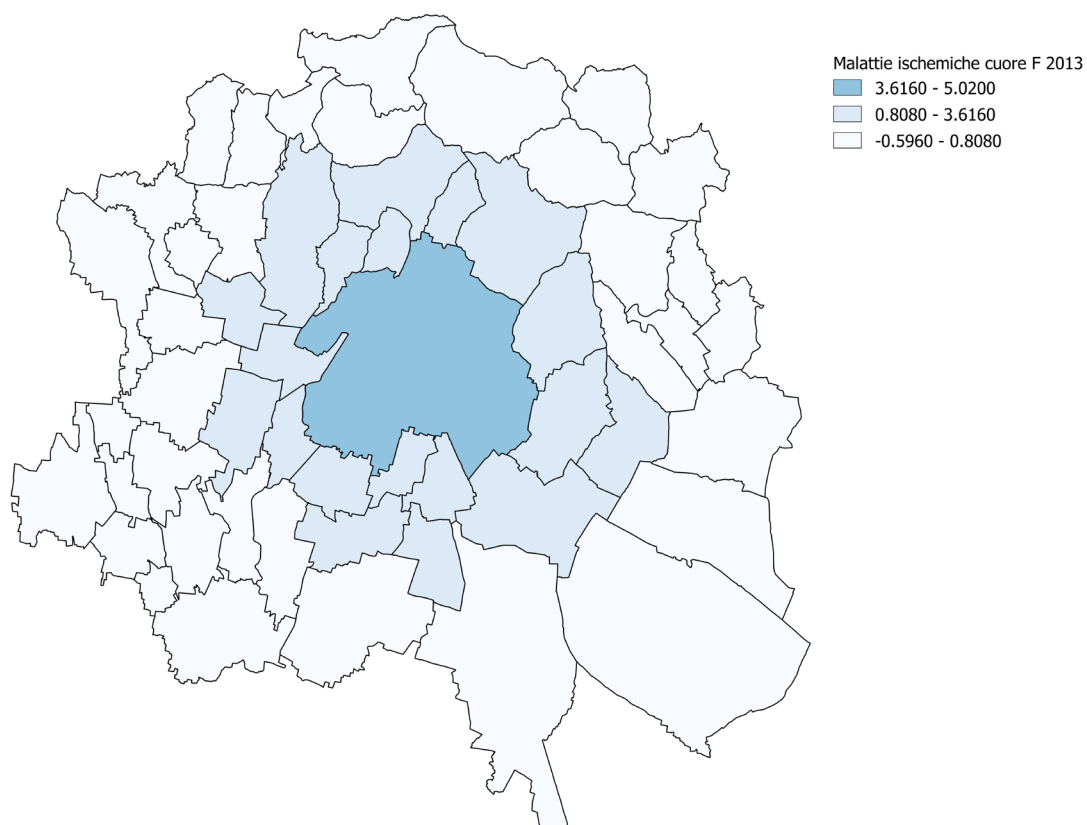


Figura 35: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): malattie ischemiche

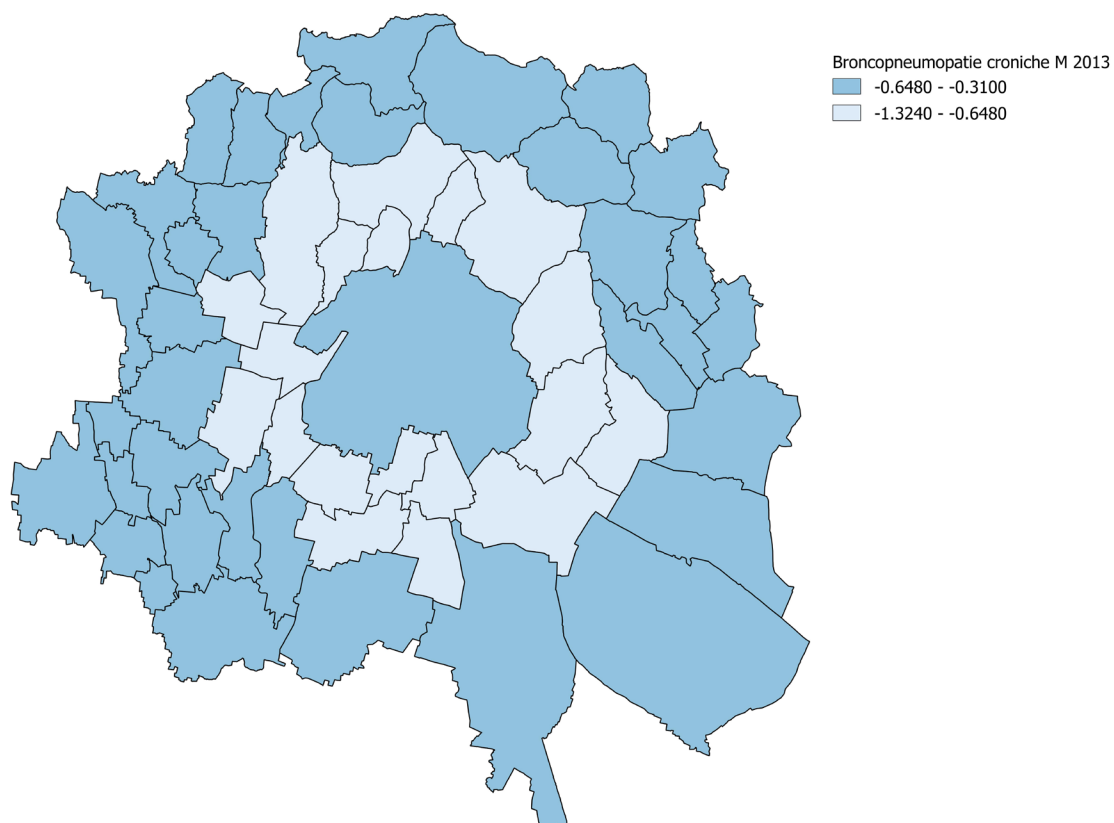


Figura 36: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): broncopneumopatie croniche.

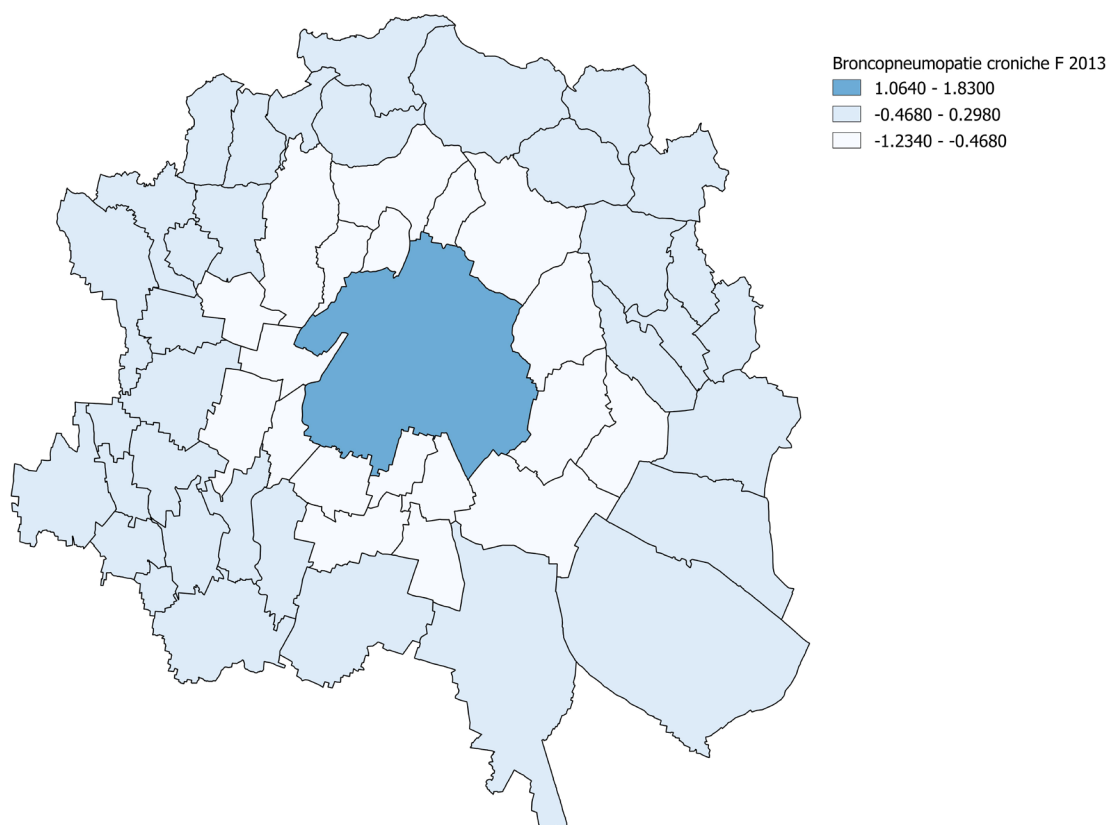


Figura 37: Differenze di mortalità grezza rispetto alla Lombardia (per 10.000 abitanti): broncopneumopatie croniche.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per tumori maligni di trachea bronchi e polmoni risulta che:

- Per il genere maschile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio (2004, 2010 e 2013);
- Per il genere femminile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per tumori maligni dei tessuti linfatici risulta che:

- Per il genere maschile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia in tutti e 3 gli anni di studio;
- Per il genere femminile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo negli anni 2004 e 2010.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per malattie ischemiche del cuore risulta che:

- Per il genere maschile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2010 e 2013;
- Per il genere femminile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2010 e 2013; mentre l'anello 2 presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2004.

Dal confronto dei dati relativi al tasso grezzo di mortalità per broncopneumopatie croniche ostruttive risulta che:

- Per il genere maschile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2004;
- Per il genere femminile l'anello *Brescia Città* presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2010 e 2013; mentre l'anello 2 presenta eccessi rispetto alla provincia di Brescia, alla Regione Lombardia e all'Italia solo nel 2004.

Densità di popolazione

Nella tabella seguente è stata analizzata la densità di popolazione per i 206 comuni bresciani, ricavata dal rapporto tra il numero di residenti in un determinato comune e l'area di estensione del comune stesso.

	Residenti	Area (km²)	Densità
Brescia	196.480	90,7	2.167
Ospitaletto	14.509	8,5	1.699
Castel Mella	11.056	7,5	1.484
Bovezzo	7.516	6,4	1.174
Borgosatollo	9.264	8,4	1.099
Castelcovati	6.583	6,2	1.064
Roncadelle	9.538	9,2	1.037
Castegnato	8.334	9,3	900
Flero	8.732	9,9	885
Capriolo	9.397	10,7	877
Palazzolo sull'Oglio	20.134	23,1	873
Collebeato	4.622	5,4	864
Cividate Camuno	2.733	3,4	809
Concesio	15.465	19,1	808
Roè Volciano	4.574	5,7	796
Mazzano	12.222	15,6	782
Travagliato	13.910	17,8	782
Sarezzo	13.553	17,5	772
Villa Carcina	11.004	14,5	762
Cellatica	4.941	6,5	760
San Zeno Naviglio	4.673	6,2	760
Paratico	4.714	6,3	754
Rodengo Saiano	9.504	12,8	740
Rezzato	13.472	18,2	739
Rovato	19.209	26,1	736
Coccaglio	8.767	12,0	733
Lumezzane	22.644	31,5	718
Prevalle	6.999	9,9	710
Gussago	16.753	25,0	670
Paderno Franciacorta	3.734	5,6	669
Villanuova sul Clisi	5.773	9,1	633
Pontoglio	6.935	11,2	618
Berlingo	2.730	4,6	597
Rudiano	5.830	9,8	593
Botticino	10.914	18,6	587
Cologne	7.667	13,8	554
Nuvolento	3.992	7,5	536
Erbusco	8.633	16,2	531
Castrezzato	7.116	13,7	519
Corte Franca	7.233	14,0	516

	Residenti	Area (km²)	Densità
Passirano	7.098	13,9	511
Chiari	18.887	38,0	497
Adro	7.086	14,3	497
Cazzago San Martino	10.996	22,3	493
Montirone	5.165	10,5	493
Torbole Casaglia	6.522	13,3	492
Desenzano del Garda	28.650	60,1	477
Manerbio	13.083	27,8	470
Bedizzole	12.296	26,4	466
Provaglio d'Iseo	7.318	16,3	448
Castenedolo	11.457	26,2	437
Gardone Val Trompia	11.657	26,7	436
Carpinedolo	13.012	30,1	432
Darfo Boario Terme	15.599	36,2	431
Monticelli Brusati	4.516	10,7	421
Pian Camuno	4.638	11,1	419
Poncarale	5.283	12,6	418
Bagnolo Mella	12.775	31,3	408
Gavardo	12.056	29,6	408
Nave	11.029	27,1	407
Calcinato	12.924	33,4	387
Urago d'Oglio	3.876	10,6	364
Salò	10.693	29,8	359
Iseo	9.179	25,7	357
Nuvolera	4.696	13,2	356
Piancogno	4.640	13,6	341
Vestone	4.390	12,9	340
Capriano del Colle	4.674	14,0	334
Soiano del Lago	1.896	5,8	329
Ome	3.205	9,9	323
Verolanuova	8.226	25,9	318
Puegnago sul Garda	3.410	10,9	314
Ghedi	18.905	60,8	311
Montichiari	25.198	81,2	310
Lograto	3.819	12,3	310
Odolo	1.985	6,5	306
Calvagese della Riviera	3.583	11,8	304
Mairano	3.501	11,6	302
Azzano Mella	3.158	10,6	299
Malegno	2.037	7,0	291

	Residenti	Area (km²)	Densità
Quinzano d'Oglio	6.250	21,5	291
Macclodio	1.480	5,1	290
Polpenazze del Garda	2.611	9,1	288
Polaveno	2.555	9,2	278
Trenzano	5.401	20,0	270
Moniga del Garda	2.533	9,4	270
Paitone	2.130	8,0	268
Isorella	4.079	15,4	266
Orzinuovi	12.644	48,1	263
Muscoline	2.641	10,1	262
Pompiano	3.855	15,2	253
Orzivecchi	2.498	9,9	253
Roccafranca	4.920	19,5	253
Leno	14.387	58,7	245
Bassano Bresciano	2.337	9,6	245
San Paolo	4.552	18,7	244
Dello	5.720	23,5	244
Comezzano-Cizzago	3.803	15,6	243
Pontevico	7.105	29,2	243
San Gervasio Bresciano	2.531	10,5	241
Sirmione	8.137	33,9	240
Pavone del Mella	2.794	11,7	238
Lonato del Garda	16.246	70,5	230
Padenghe sul Garda	4.458	20,4	218
Barghe	1.189	5,4	218
Sabbio Chiese	3.905	18,6	210
Milzano	1.784	8,5	209
Sale Marasino	3.362	16,3	206
Barbariga	2.327	11,4	204
Brandico	1.667	8,4	198
Marcheno	4.364	22,7	192
Calvisano	8.491	45,1	188
Borgo San Giacomo	5.423	29,4	185
Alfianello	2.513	13,6	184
Verolavecchia	3.842	21,0	183
Manerba del Garda	5.287	29,0	183
Offlaga	4.134	22,9	181
Sulzano	1.917	10,6	180
Gottolengo	5.249	29,1	180
Visano	2.002	11,2	179
Pralboino	3.009	17,2	175
Esine	5.300	30,3	175
Artogne	3.660	21,3	172
Acquafredda	1.591	9,3	171
Longhena	576	3,4	170
Pisogne	8.022	47,9	167
Serle	3.023	18,5	164

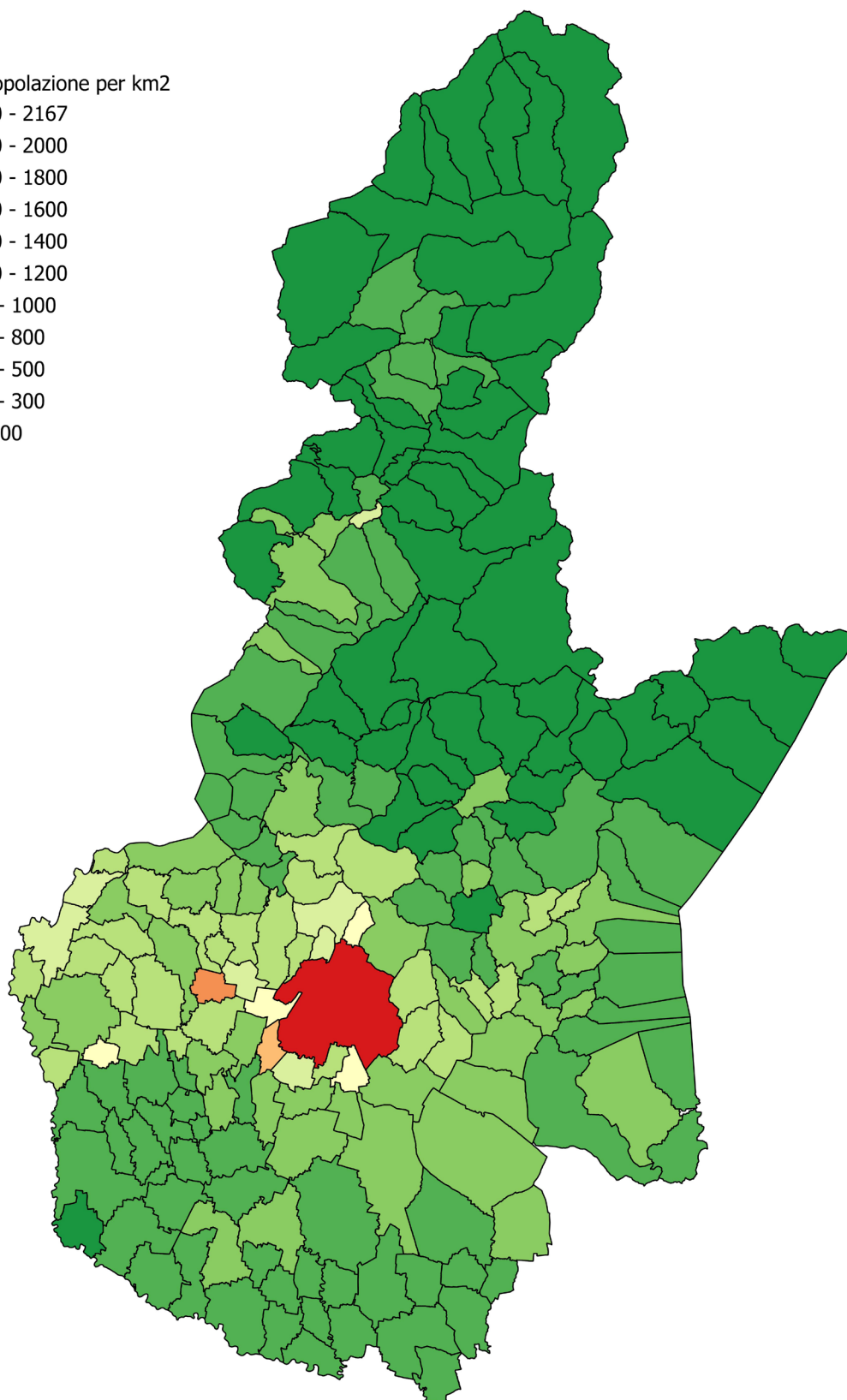
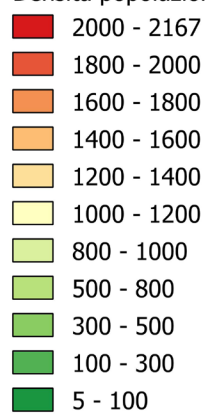
	Residenti	Area (km²)	Densità
Pozzolengo	3.497	21,4	164
Gianico	2.160	13,3	163
Remedello	3.425	21,6	159
Cigole	1.564	10,0	157
Vobarno	8.103	53,2	152
Gambara	4.710	31,6	149
Monte Isola	1.754	12,2	144
Marone	3.238	22,9	141
Toscolano-Maderno	7.990	56,7	141
Preseglie	1.514	11,4	133
Capo di Ponte	2.440	18,5	132
Agnosine	1.790	13,7	131
Gardone Riviera	2.660	20,6	129
Fiesse	2.074	16,2	128
San Felice del Benaco	3.391	26,5	128
Caino	2.151	17,3	125
Corzano	1.416	12,3	116
Berzo Inferiore	2.475	21,9	113
Seniga	1.471	13,6	108
Malonno	3.261	30,8	106
Sellero	1.466	13,9	105
Berzo Demo	1.671	16,0	105
Cedegolo	1.223	11,8	104
Brione	714	6,9	104
Lodrino	1.698	16,5	103
Ossimo	1.451	14,8	98
Losine	608	6,3	97
Vallio Terme	1.405	15,0	93
Niardo	1.978	22,3	89
Idro	1.966	22,5	87
Villachiera	1.463	16,8	87
Borno	2.630	30,7	86
Casto	1.778	21,4	83
Breno	4.853	58,8	83
Bienno	3.863	47,1	82
Angolo Terme	2.447	30,7	80
Bione	1.386	17,6	79
Ono San Pietro	994	13,9	71
Pezzaze	1.500	21,5	70
Tavernole sul Mella	1.303	19,8	66
Mura	796	12,4	64
Provaglio Val Sabbia	918	14,9	62
Paspardo	614	10,3	60
Ceto	1.912	32,4	59
Braone	683	12,4	55
Zone	1.076	19,6	55
Edolo	4.572	89,1	51

	Residenti	Area (km²)	Densità
Bovegno	2.226	47,5	47
Limone sul Garda	1.181	26,2	45
Collio	2.108	53,5	39
Gargnano	2.934	78,2	38
Marmentino	675	18,0	37
Bagolino	3.897	109,8	36
Treviso Bresciano	545	17,8	31
Cerveno	660	21,7	30
Tremosine	2.100	72,4	29
Pertica Alta	563	20,9	27
Veza d'Oglio	1.457	54,0	27
Irma	132	5,0	27
Tignale	1.256	48,5	26
Temù	1.105	43,0	26
Cevo	898	35,2	26
Corteno Golgi	1.976	82,7	24

	Residenti	Area (km²)	Densità
Prestine	384	16,3	24
Pertica Bassa	651	30,4	21
Anfo	486	23,1	21
Sonico	1.264	60,2	21
Cimbergo	551	26,4	21
Vione	691	35,6	19
Incudine	385	20,3	19
Monno	555	30,7	18
Lavenone	555	31,9	17
Ponte di Legno	1.729	100,5	17
Lozio	398	23,8	17
Capovalle	369	23,1	16
Saviore dell'Adamello	916	83,3	11
Magasa	142	19,2	7
Valvestino	184	31,2	6
Paisco Lovenò	183	36,6	5

Il comune a maggiore densità risulta di gran lunga il comune capoluogo, seguito dai comuni Ospitaletto, Castel Mella, Bovezzo, Borgosatollo, Castelvoti, Roncadelle, Castegnato, Flero e Capriolo. Questi dati dovranno essere riconsiderati per una migliore interpretazione delle successive valutazioni.

Densità popolazione per km2



5 Discussione e conclusioni

La letteratura internazionale sugli effetti dell'inquinamento atmosferico specie di origine autoveicolare sulla salute umana è imponente e convergente sull'esistenza di una relazione positiva. Utilizzando come parole chiave PM10 ed Health Effects sono state infatti selezionate circa 900 pubblicazioni negli ultimi 5 anni. Tali lavori hanno riguardato indagini di tipo clinico-epidemiologico e sperimentali su effetti a breve, medio e lungo termine considerando non solo il PM10 ma molto spesso anche il PM2.5, NO₂, CO ed O₃.

Riferimento primario per il nostro Paese è rappresentato dallo studio MISA2. Esso ha avuto come oggetto gli effetti a breve termine dell'inquinamento dell'aria nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane, per un totale di 9 milioni di abitanti, indagando tutte le cause di mortalità e quelle per malattie respiratorie e cardiovascolari. Contemporaneamente vennero registrati i ricoveri per patologie respiratorie, cardiache e cerebrovascolari. Il tutto correlato con le serie di misure condotte dalle agenzie regionali dell'ambiente per SO₂, NO₂, PM10, CO ed O₃. Vennero dimostrati degli incrementi di mortalità per tutte le cause naturali associati con l'incremento di inquinanti atmosferici pari allo 0,6% per NO₂, al 2% per CO, allo 0,31% per PM10. Andamenti simili vennero dimostrati anche per i tassi di dimissione ospedaliera per le patologie cardiache e respiratorie.

Altro studio di riferimento è quello condotto all'interno del progetto EPIAIR pubblicato nel 2009 che ha analizzato in 9 città italiane i ricoveri ospedalieri in relazione all'inquinamento atmosferico. I risultati confermano gli effetti negativi a breve termine dell'inquinamento atmosferico sia sull'apparato cardiovascolare che su quello respiratorio, senza dimostrare alcun effetto dell'ozono sulle patologie respiratorie. Interessante è apparso anche il diverso tempo di manifestazione degli effetti, più immediati quelli del PM10 e a tempi più prolungati quelli dell'NO₂.

Studi su particolari gruppi di popolazione suscettibili per patologie cardiache sono stati condotti sempre nello stesso anno nel nostro paese. Essi hanno evidenziato importanti effetti del PM10 sull'ospedalizzazione per malattie cardiache in 9 città italiane esaminando i tassi di ricovero nel primo quinquennio di questo secolo.

Studi modellistici condotti recentemente utilizzando il rischio relativo secondo la metodologia WHO hanno dimostrato eccessi di mortalità per il PM10, NO₂ ed O₃. Ad ogni incremento di 10 µg/m³ di PM10, NO ed O₃ i rischi relativi crescevano rispettivamente a 1,6, 1,01, 1,02.

Nell'ambito del progetto Escape sull'incidenza degli eventi coronarici acuti nell'esposizione a lungo termine all'inquinamento ambientale, studio condotto su oltre 100.000 soggetti tra il 1997 e il 2007 è stato dimostrato che gli effetti a lungo termine del PM10 sono associati con un'aumentata incidenza di eventi coronarici anche al di sotto dei correnti livelli europei. In una nostra ricerca svolta in collaborazione con il gruppo dell'area cardiologica dell'Università degli Studi di Brescia su ricoveri per effetti cardiovascolari e PM10 si dimostra che il rischio di ospedalizzazione non varia significativamente al di sotto dei correnti valori limite fissati dall'UE pari a 50 µg/m³.

Lo studio "Polveri sottili ed effetti a breve termine sulla salute nell'ASL di Brescia", terminato nel luglio 2015, ha esaminato la relazione, attraverso modelli di Poisson, tra la media giornaliera di PM10 e PM2.5 (registrate nelle centraline di monitoraggio dell'aria, dislocate in Brescia e suo Hinterland e controllate da ARPA) ed il numero di decessi, ictus, infarto del

miocardio acuto, ricoveri per patologia respiratoria tra il 23.06.2000 e il 31.12.2014 ed ha confermato quanto già riportato dalla letteratura, ovvero che quello atmosferico è di gran lunga il fattore di inquinamento ambientale con il maggior impatto sulla salute.

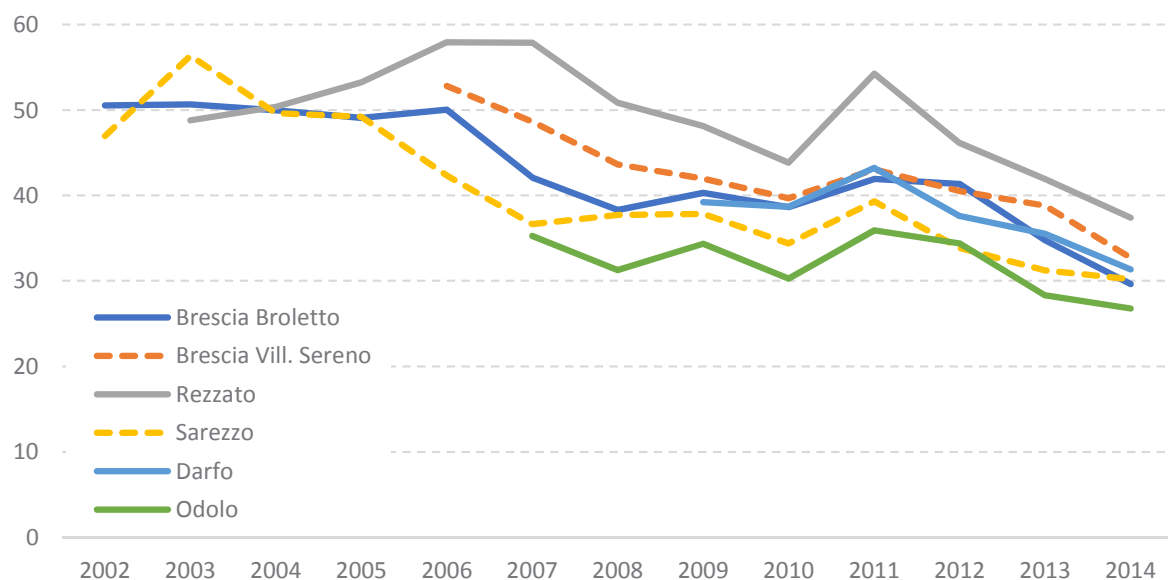
La metanalisi di Hamra et al. (2013) esamina 18 studi di mortalità e incidenza di tumore polmonare in relazione alle concentrazioni di PM₁₀, ottenendo un RR cumulativo di 1.08 (95% CI 1.00-1.17). Sono stati considerati i possibili parametri confondenti ed è stata fatta una suddivisione degli studi per area geografica. Gli studi condotti in Nord America portano ad un RR cumulativo di 1.02 (95% CI 0.96-1.09), mentre il RR degli studi Europei è di 1.27 (95% CI 0.96-1.68).

Anche sulle broncopneumopatia cronica ostruttiva è stata fatta una revisione sistematica di letteratura comprendente 44 studi condotti in Cina, USA ed Europa su "air pollution" e "Chronic obstructive pulmonary disease (COPD)", con un RR cumulativo pari a 1.02 (95% CI 1.01-1.04).

Requia et al. (2017) hanno condotto una dettagliata metanalisi su 70 studi separando gli effetti dei vari inquinanti (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, CO₂ ed ozono) su apparato respiratorio e cardiovascolare. La mortalità per malattie respiratorie è riportata come percentuale di rischio per aumenti di 10 µg/m³ degli inquinanti, con aumenti dell'1.3% (95% CI 0.9-1.7) per il PM₁₀ e dello 0.8% (95% CI 0.2-2.3) per l'ozono, mentre per le patologie cardiache la percentuale di rischio è dell'1.1% (95% CI 0.8-1.6) per SO₂ e 1.6% (95% CI 1.2-2.2) per NO₂.

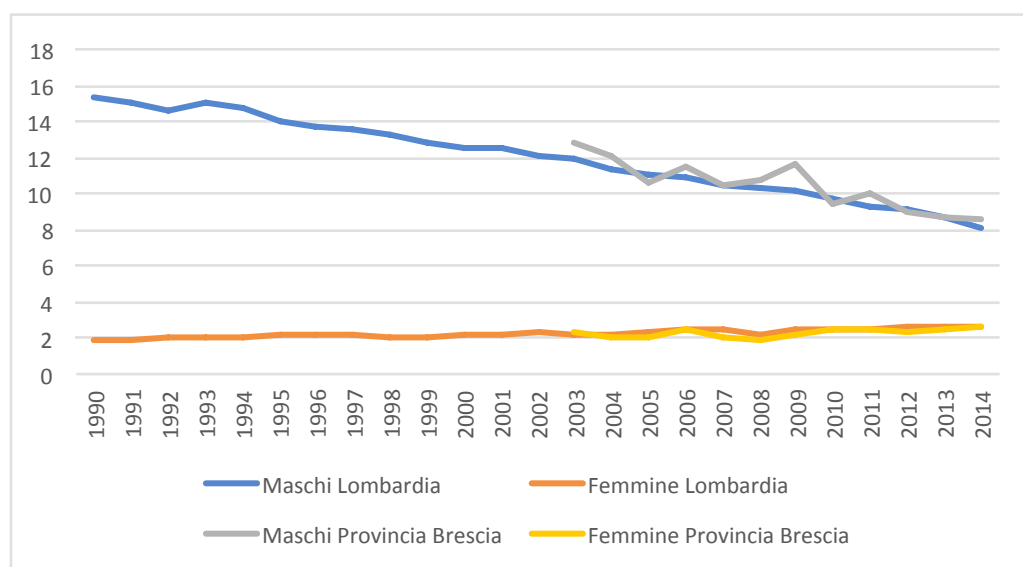
I fattori di rischio per il PM₁₀ sono stati calcolati da WHO e desunti da studi e metanalisi per i differenti effetti. Alla mortalità per effetti acuti (tutte le cause) è associato un RR di 1.006 (1.004-1.008) per 10 µg/m³ di aumento giornaliero di PM₁₀. Alla mortalità per effetti acuti (cause cardiovascolari) è associato un RR di 1.009 (1.005-1.013) per 10 µg/m³ di aumento giornaliero di PM₁₀. Infine alla mortalità per effetti acuti (cause respiratorie) un RR di 1.013 (95% CI: 1.005–1.020) per 10 µg/m³ di aumento giornaliero di PM₁₀.

Come riportato nel grafico sottostante la concentrazione ambientale di PM₁₀ registrata da varie centraline dislocate nella provincia di Brescia dal 2002 al 2014 (fonte ARPA Lombardia 2016) ha mostrato un graduale seppur non regolare e costante trend alla diminuzione in tutti i punti di misura della nostra provincia, con differenze tra le varie postazioni di campionamento.

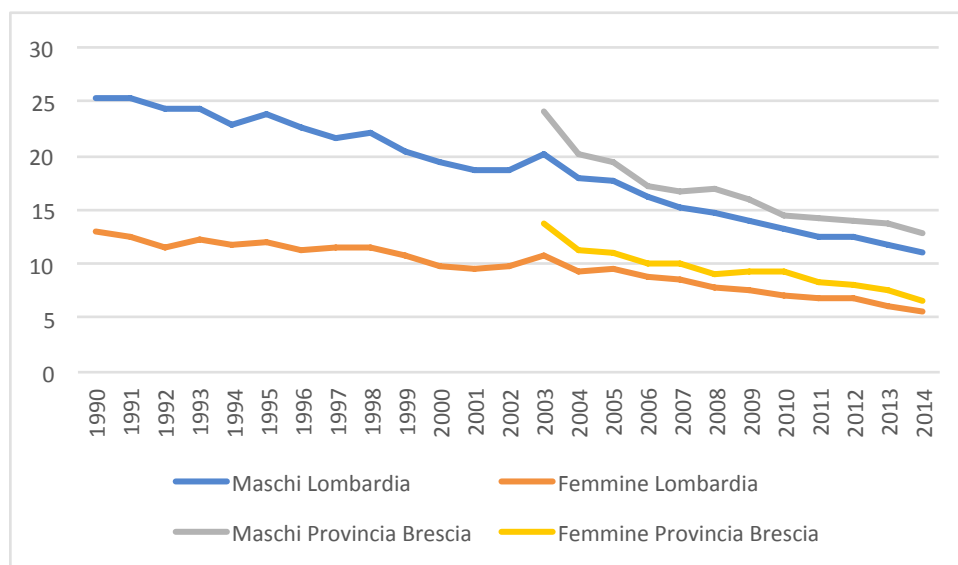


Il dato si accompagna ad una graduale, sensibile diminuzione della mortalità per patologie correlabili anche con l'inquinamento ambientale come sotto riportato ad esempio per tumori dell'apparato respiratorio (maschi a partire dal 2003) e malattie ischemiche cardiache (entrambi i generi a partire dal 2003).

Trend Tasso di mortalità standardizzato per tumori di trachea, bronchi e polmoni



Trend Tasso di mortalità standardizzato per malattie ischemiche-cuore



Passando alla valutazione della ricerca oggetto della presente relazione, per la valutazione integrata degli effetti dell'inquinamento atmosferico si è proceduto in primis all'inquadramento tossicologico dei principali inquinanti che lo caratterizzano (PM10, PM2.5, Ossidi di Azoto, di Zolfo, Monossido di Carbonio ed Ozono). E' stata analizzata anche la tossicità di POPs (PCB, diossine e furani), degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo(a)pirene nello specifico) e tra gli elementi metallici Arsenico, Berillio, Cadmio, Cromo, Manganese, Nichel e Piombo.

Le valutazioni modellistiche sono state condotte per PM10, NO₂, O₃, cioè per quegli inquinanti di cui DIMI ha fornito i dati espositivi calcolati modellisticamente per ogni comune della provincia di Brescia.

Si è potuto osservare come l'applicazione dei modelli EPA e APAT abbia portato a risultati leggermente differenti, risultando il modello EPA leggermente meno cautelativo. Questo, a nostro avviso, perché l'approccio APAT si basa su una valutazione dell'esposizione ad un contaminante dose-correlata (mg/kg-giorno), che dipende da fattori connessi all'età (peso corporeo, tasso di inalazione), mentre quello sec. EPA è legato alla sola quantificazione dell'esposizione ad un contaminante in aria nell'unità di misura della concentrazione del contaminante stesso in aria (ad es. mg/m³).

L'applicazione delle equazioni ai dati forniti di PM, NO₂ evidenzia un rischio HQ (cronico, non cancerogeno) per biossido di azoto e particolato in cui si verifica il superamento dell'unità. Nello specifico, il range degli HQ per NO₂ va da 0.03 a 1.32 mentre per il PM10 da 0.08 a 1.33 (valutazione APAT).

In particolare, per il PM10, i livelli di rischio appaiono maggiori per i comuni di Borgosatollo, Brescia, Castel Mella, Collebeato, Roncadelle, San Zeno, Rezzato, Mazzano, Castenedolo e Botticino (HQ ≥ 1.1, da APAT), mentre per NO₂ Cellatica, Collebeato, Brescia e Roncadelle (HQ ≥ 1.2 da APAT).

Si ricorda che un quoziente di rischio inferiore o uguale a 1 non indica una ridotta probabilità che si verifichino effetti tossici non cancerogeni, mentre HQ maggiori di 1 non rappresentano probabilità statistiche che l'effetto si verifichi maggiormente ma vanno interpretati in termini descrittivi comparativi come grado di superamento della concentrazione di riferimen-

to. Quindi possiamo solo dire che con esposizioni collegate a HQ sempre più grandi di 1, il potenziale per gli effetti avversi aumenta, ma non si può dire di quanto. Possiamo tuttavia osservare che per NO₂ e PM10 i superamenti sono associati a concentrazioni medie superiori a 37 µg/m³, quindi in linea con gli obiettivi di qualità dell'aria proposti.

Nel calcolo del rischio HI additivo, ossia il rischio dei tre inquinanti di cui abbiamo avuto a disposizione i dati per ogni comune, abbiamo ottenuto indici di pericolosità HI, sempre superiori ad 1 e compresi tra 1.05 e 3.28 (APAT) e tra 0.95 e 2.96 (EPA).

I comuni con un HI maggiore di 3 sono Bovezzo, Brescia, Cellatica, Collebeato, Concesio, Roncadelle e Pozzolengo.

La valutazione del rischio "non cancerogeno" basata sui fattori di rischio adottati e applicata ai dati disponibili appare in linea con le evidenze epidemiologiche metanalitiche. Secondo le definizioni EPA, i valori di HQ superiori all'unità non rappresentano una probabilità statistica che l'effetto si verifichi, ma una indicazione che in una data situazione/condizione la concentrazione supera quella di riferimento (nel nostro caso i valori massimi da noi rilevati 1.19 per NO₂ e 1.12 per PM10, quindi di poco superiori) per l'individuazione delle possibili fonti ed una più mirata attività di gestione del rischio e della sua prevenzione.

Le situazioni più critiche sono nel centro urbano e nei comuni limitrofi in corrispondenza delle maggiori fonti emmissive. Per un possibile confronto si può ricordare che, applicando il modello APAT ai dati medi annui di PM10 (dati ARPA 2010), l'HQ dell'area urbana milanese risulta di 0.97.

Nonostante il PM10 sia stato classificato da IARC come cancerogeno certo per l'uomo, la valutazione del rischio cancerogeno non è stata condotta per mancanza di parametri ufficiali.

Le operazioni di conversione del RR in UR è raramente applicata in letteratura, e la derivazione dell'UR per il PM10 non segue le procedure standardizzate che da decenni caratterizzano il processo di derivazione degli effetti tossici.

La procedura di valutazione del rischio generale e cancerogeno è stata inoltre applicata ai dati forniti da DIMI sulle concentrazioni medie annue di POPs (PCB tot e Dioxin Like, PCDD/F).

La cancerogenicità di queste sostanze è stata valutata in più sessioni da IARC con l'ultima valutazione di cancerogenicità certa per l'uomo per un congenere delle diossine (TCDD; 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-diossina) e per tutti i PCB.

Un importante fonte di POPs nell'aria è la risospensione del particolato proveniente dai terreni contaminati. Un certo numero di studi hanno evidenziato che le città e le aree contaminate possono essere fonti secondarie di PCB e PCDD/FS.

Di Guardo et al., (2016) hanno valutato il contributo delle emissioni secondarie (dal suolo) nel Sito di interesse Nazionale (SIN) di Brescia Caffaro, in aggiunta al contributo delle emissioni primarie derivanti dal termovalorizzatore e dalle industrie locali. Lo studio conferma che l'area contaminata è un'importante fonte secondaria di PCB per i territori limitrofi, in misura minore per i PCDFs (soprattutto i congeneri più volatili) e non per le PCDDs. La miscela caratterizzante il suolo (fingerprint) è formata da congeneri altamente clorurati, indicando un lungo processo di invecchiamento che ha arricchito il suolo di congeneri meno volatili e più persistenti. Il PCB 209 è il congenere peculiare di tale contaminazione.

D'altra parte, osservando la composizione del suolo in PCDD si è concluso che queste non sono comparabili con le miscele liberate dalle principali fonti emmissive.

Lo stesso gruppo di lavoro nel 2013 aveva dimostrato (Colombo et al., 2013) che i livelli di PCDD/F misurati in 5 aree limitrofe al SIN Brescia Caffaro sono inferiori a quelli rilevati in altre aree urbane mentre i livelli di PCB sono maggiori di quelli di aree industrializzate di altri paesi. In particolare, i livelli misurati nella zona più distante dal sito cadono nel range 0.01-0.19 pg WHO TEQm³ per PCDD/F e nel range di 137.3-662.5 pg/m³ per PCB tot.

Nella valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale Brescia-Caffaro condotta dall'Istituto Superiore di Sanità (2008) è riportato anche il rischio connesso all'inalazione di PCB particellare. Nello specifico, è stata utilizzata una concentrazione di input di PCB particellare pari a 4.9E-06 mg/m³ (valore puntuale ricavato dalla media di due dati reali di monitoraggio dell'aria presso la Cascina Ronchi), associato ad un rischio cancerogeno R= 4.2E-06.

Studi molecolari hanno dimostrato che la TCDD è un potente cancerogeno in grado di interferire con molteplici assi endocrini attraverso l'interazione con il recettore AhR. Una metanalisi del 2016 (Xu et al.) ha studiato l'associazione fra la TCDD e i tumori riportati nella letteratura scientifica (31 studi) e riporta che un'alta esposizione a TCDD è significativamente associata a mortalità per tutti i tumori (SMR = 1.09, 95% CI: 1.01–1.19) ma non con l'incidenza dei tumori (pooled RR = 1.01, 95% CI: 0.97–1.06, p = 0.49). Inoltre, alti livelli di TCDD nel sangue sono significativamente associati con incidenza e mortalità tutti i tumori (RR = 1.57, 95% CI: 1.21–2.04 e SMR = 1.45, 95% CI: 1.25–1.69).

Questa metanalisi sottolinea un aspetto messo in luce da altri autori, ossia che le evidenze riportate sono riconducibili a studi con alti livelli di esposizione (Boffetta et al., 2011).

La tossicità dei PCB passa attraverso il medesimo meccanismo d'azione ipotizzato per la TCDD, oltre ad alterazioni mediate dalla produzione di specie reattive dell'ossigeno.

Il Gruppo di Lavoro IARC classifica i PCB come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1), indicando come sito d'elezione la cute. Entrando nello specifico delle valutazioni effettuate (IARC, Vol 107) le evidenze di melanoma sono attribuite alla valutazione di più di 70 studi epidemiologici indipendenti. L'eccesso di rischio per melanoma è riportato soprattutto in coorti di lavoratori addetti alla produzione di condensatori e trasformatori e addetti alla manutenzione elettrica.

Recenti metanalisi non hanno confermato le evidenze di cancerogenicità associate ai PCB (Boffetta et al. 2016; Zani et al., 2017). Nello studio di Boffetta et al., (2016) sono state revisionate 12 popolazioni professionalmente esposte a PCB ed il rischio cumulativo per melanoma è risultato pari a 0.91 (95% IC 0.78-1.32). Dato confermato anche dalla metanalisi di Zani et al. (2017), che ha concluso per l'assenza di una consistente evidenza di correlazione tra esposizione a PCB e melanomi o linfomi.

Nell'interpretazione dei dati modellistici a nostro avviso si devono tenere presenti due elementi di cautela: il primo inerente probabilmente la logica interna del modello ed il secondo, forse determinante, collegato alla mancanza per tutti gli inquinanti di fattori (IUR e SF) standardizzati e validati.

Mediante indagini epidemiologiche sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico non è possibile distinguere l'impatto di ciascun contributo emissivo che concorre all'inquinamento. Questo è la somma di tutti i contributi emissivi, così come gli effetti sono determinati dalle esposizioni alle sostanze inquinanti in essa presenti, indipendentemente dalla loro ori-

gine.

L'approccio epidemiologico si basa sull'uso di relazioni empiriche esposizione-risposta, risultando così meno condizionabile dal tipo di modelli previsionali adottati. Esso normalmente esita nella stima del rischio, coniugato in varie forme statistico-matematiche, per la popolazione (in termini relativi o assoluti/numero di casi, in eccesso o in difetto).

In genere sono il contesto e/o le informazioni disponibili a determinare quale sia l'approccio da adottare (o da preferire); esaminare sia l'approccio modellistico che quello epidemiologico, che per altro mostrano pregi e difetti spesso complementari, risulta comunque di notevole utilità.

Nelle elaborazioni del presente studio è stato applicato quanto dettagliato nelle Linee Guida della Regione Lombardia.

Le statistiche sui dati ISTAT sono state calcolate per i principali gruppi di patologie correlabili con l'esposizione agli inquinanti ambientali (tumori maligni di trachea, bronchi, polmoni; tumori maligni dei tessuti linfatico ed ematopoietici; malattie ischemiche del cuore; malattie polmonari cronico ostruttive) analizzandone mortalità e ricoveri (tranne, come detto, i ricoveri per patologie linfo-emopoietiche per aggregazione dei codici ISTAT resi disponibili con altre patologie del sangue ed immunitarie).

Dalla caratterizzazione della popolazione in studio (bresciana, lombarda e nazionale) per genere ed età si può osservare che la speranza di vita a 65 anni risulta di 19 anni nei maschi, mentre si attesta sui 22,4 anni per le femmine. I corrispondenti dati nazionali mostrano rispettivamente 18,7 anni per i maschi e 21,9 per le femmine.

Per ciò che concerne il trend evolutivo per fasce di età, i maschi residenti sono aumentati del 121% nel periodo 1990-2015 e le femmine del 70%. Alla fine dell'anno 2016, gli ultracentenari bresciani ammontavano a 331 soggetti, 294 femmine e 37 maschi.

L'aspettativa di vita in buona salute di Brescia appare "in linea" con il confronto regionale e nazionale. La provincia di Brescia presenta una prevalenza della componente femminile su quella maschile, con differenziali fino a 5 punti percentuali.

Combinando i dati genere-età si può osservare ad esempio nel Comune di Brescia un maggior invecchiamento ed una maggiore percentuale di donne rispetto alla sua provincia.

Dai dati dei 4 gruppi di patologie prese in considerazione, nel periodo considerato (1990-2015) si assiste ad un progressivo marcato decremento dei tassi di mortalità e ricoveri nei maschi residenti in Lombardia e nella provincia di Brescia. Per quanto concerne il genere femminile il trend in calo è meno marcato per mortalità e per i ricoveri.

Non si evidenziano posizionamenti di particolare rilievo rispetto all'andamento nazionale delle patologie considerate che collochino Brescia e la sua provincia in posizione di maggior rischio.

Per l'anno 2013, il più prossimo all'uso del database Inemar utilizzato per la modellizzazione da DIMI, è stato pure proposto a corredo delle tabelle recanti gli spread, un grafico a colori con la rappresentazione delle cinque fasce territoriali per la provincia bresciana; tale grafico porta a supporto la citata tabella dei differenziali. Gli spread, posti a confronto nei vari anni e nelle varie entità geografiche di confronto, non hanno mostrato chiare linee di tendenza del fenomeno relative alle patologie, anche per l'esiguità degli anni esaminati e restituiscono alta variabilità.

Nello specifico, analizzando i dati relativi alla suddivisione per fasce territoriali si evidenzia

che il più elevato tasso grezzo di mortalità per tumore maligno di trachea, bronchi e polmoni, in entrambi i generi, sia riferito alla fascia Brescia-città. Per quanto concerne i tumori del tessuto linfatico il più elevato tasso grezzo di mortalità è presentato per il genere maschile dalla fascia Bresciacittà e per il genere femminile dalla fascia nord. Per le cardiopatie ischemiche i più elevati tassi grezzi di mortalità, in entrambi i generi, si verificano nelle fasce Brescia-centro e fascia nord. Infine per le broncopneumopatie croniche ostruttive i più elevati tassi grezzi di mortalità si ritrovano per il genere maschile nella zona sud e per il genere femminile a Brescia-centro.

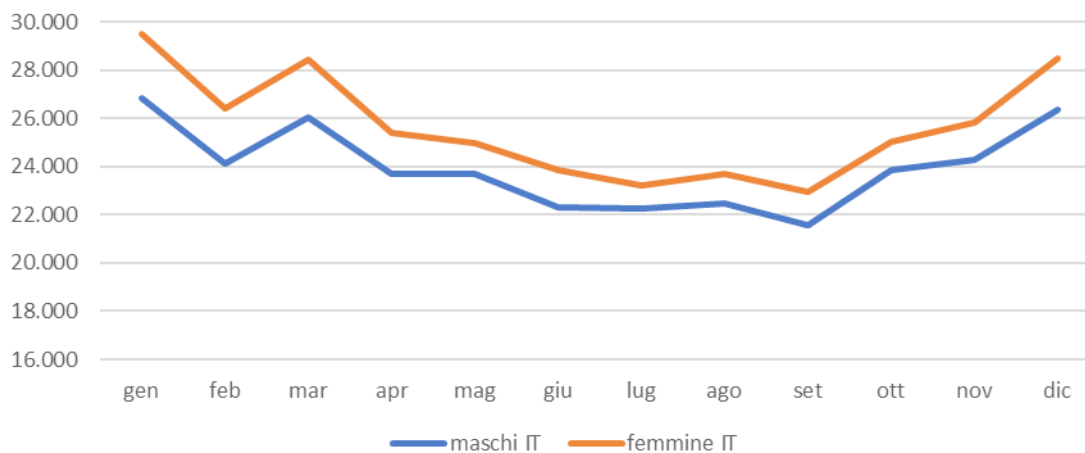
Tutto ciò deve indurre a considerare con attenzione i dati sia alla luce delle caratteristiche demografiche (età e genere) della popolazione residente sia in relazione ai limiti intrinseci di tale metodologia. A tal proposito risulta esemplificativo come nel 2010 e nel 2013 i comuni di Bagnolo, Montirone e San Zeno presentino un tasso grezzo di mortalità per tumore maligno di trachea, bronchi e polmoni nei maschi rispettivamente da 5,46 a 10,74, evidenziando quindi un andamento estremamente variabile.

Un elemento di necessario approfondimento appare quello che risulta dall'analisi dei dati di emissioni come calcolati da INEMAR rispetto ai dati di mortalità forniti da ISTAT. Nella suddivisione per cinque fasce di raggruppamento dei 205 comuni bresciani la zona Centro-Nord, ovvero la zona attraversata dalla dorsale dell'autostrada A4, risulta la più interessata dai fenomeni emissivi autoveicolari, incenerimento non industriale, industrie (con concentrazioni espresse in ton/anno). Questo dato non è correlato con i tassi di mortalità espressi nella medesima zona, che appare nel confronto regionale e nazionale, al contrario, a minor mortalità.

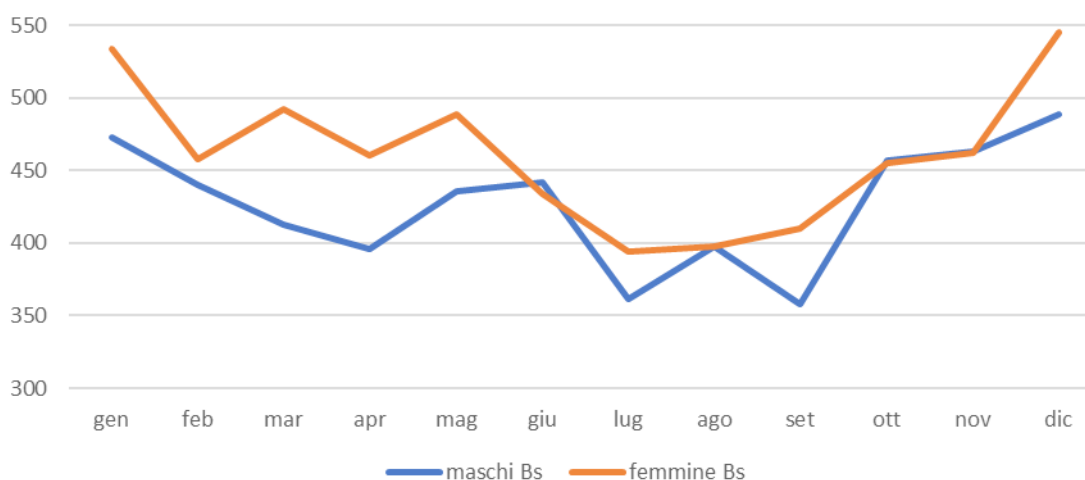
Un ulteriore raggruppamento è stato fatto considerando due aree circolari di comuni confinanti con la città con l'obiettivo di cogliere eventuali differenze tra la città e comuni più o meno ad essa vicini, da tale analisi la città di Brescia è risultata nella maggior parte dei confronti con valori più alti rispetto alla Lombardia ed alle altre zone tranne che per tumori linfoematopoietici nelle donne e BPCO nei maschi.

Un dato rilevante appare inoltre quanto sotto riportato circa l'andamento stagionale della mortalità generale, ad esempio nel 2014.

N° decessi 2014 Italia



N° decessi 2014 Brescia



Come si può osservare, l'andamento a Brescia è sostanzialmente confrontabile negli anni (maggiore mortalità nei mesi invernali, minore in quelli estivi) con il dato nazionale, sebbene a Brescia negli anni 2010 e 2013 si siano osservati dei picchi nei mesi di giugno e luglio, comunque inferiori a quelli invernali.

Numerosità e percentuale relativa dei decessi ed età media di morte per grandi cause ed alcune cause specifiche nei due sessi sono stati oggetto di studio per il periodo 2000-2012 da parte dell'ex ASL (ora ATS) di Brescia nei 12 distretti nei quali allora si articolava (comprendenti 164 Comuni dei 206 da noi esaminati). La sintesi dei risultati è stata la seguente:

La mortalità per tumori delle vie respiratorie è diminuita di 1/3 nei maschi comportando un analogo calo degli anni di vita persi. Nelle donne si assiste invece ad un aumento che ha portato quasi a raddoppiare gli anni di vita persi.

La mortalità per tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico è rimasta sostanzialmente stabile in entrambi i sessi in termini di tassi, facendo però registrare negli ultimi 3 anni un'evidente riduzione in termini di anni di vita persi, sia nei maschi (-35%), che nelle

femmine (-31%).

La mortalità per cardiopatie ischemiche è diminuita di 1/3 in entrambi i sessi; ciò ha comportato una riduzione della perdita di anni di vita nel 2012 rispetto al 2000, del 24% nei maschi e del 30% nelle donne.

Nell'atlante distrettuale di mortalità dell'ASL di Brescia nel periodo 2009-2010 si può osservare come i Rapporti Standardizzati di Mortalità (SMR) per tumori di trachea, bronchi, polmoni siano superiori ad 1 nel distretto comprendente Brescia capoluogo, in quello della Val Trompia per i maschi, e in due distretti dell'ovest bresciano. Per le malattie cardiovascolari nei medesimi distretti per i maschi si osservano SMR rispettivamente di 1.28, 1.18, 1.73. Per le malattie respiratorie, SMR di 1.35 nelle femmine in un distretto ovest bresciano, SMR 1.27 nei maschi del distretto bassa centrale e SMR 1.26 nelle femmine dello stesso distretto.

Tutti i risultati esposti a confronto con Provincia di Brescia, regione Lombardia ed Italia, mostrano una modesta prevalenza nel Comune di Brescia delle mortalità grezze nei 4 anni, più accentuata per le problematiche cardiache. Il dato va interpretato a nostro avviso anche alla luce delle caratteristiche in precedenza demografiche richiamate.

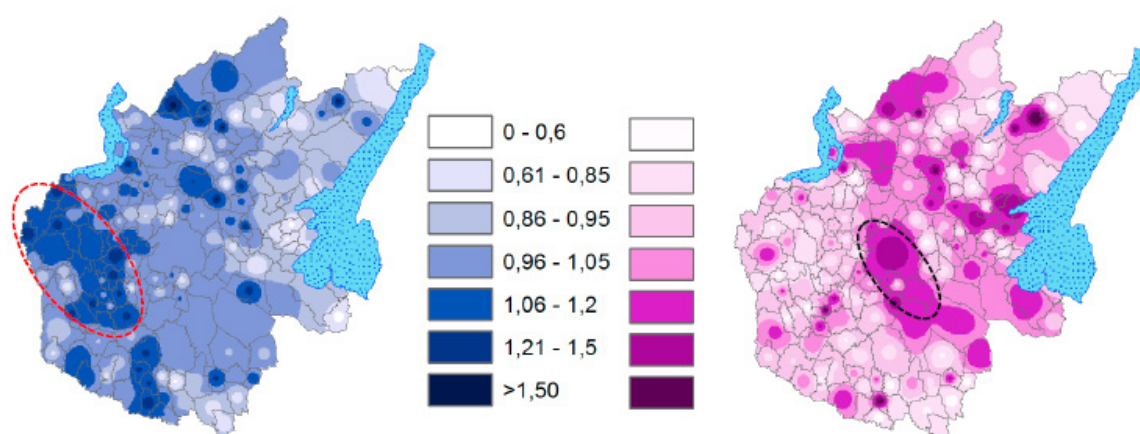
Tutte le patologie esaminate sono fortemente condizionate da fattori di rischio collegati all'alimentazione e ad alcuni stili di vita (fumo di sigaretta in particolare, attività fisica, etc.).

Il trend del PM10 dall'anno 2000, come già affermato in precedenza, appare simile al trend discendente dei casi di malattie e relativi ricoveri ospedalieri soprattutto per il genere maschile.

Le principali evidenze che a nostro avviso possono essere richiamate all'attenzione si possono così sinteticamente riassumere:

- Risultano confermati i trend alla diminuzione, per il genere maschile, dei 4 gruppi di patologie in termini di mortalità e ricoveri ospedalieri, mentre il dato non è pienamente confermato per le femmine;
- Parimenti confermato nel tempo, pur con le modeste e non costanti eccezioni sopra richiamate, l'andamento della mortalità generale nei diversi mesi dell'anno risultando maggiore nei mesi invernali;
- Il confronto fra i 2 modelli di calcolo degli indici HQ applicato ai dati DIMI evidenzia, pur con le differenze sopra richiamate, dati concordanti con atteso; alcune aree seppur limitate al comune capoluogo e ad altri pochi comuni meritano attenzione per l'individuazione dei possibili punti di intervento. Applicando i modelli previsionali ai dati forniti dal DIMI sono emersi valori di indici di rischio superiori all'unità in comuni quali Brescia e hinterland come prevedibili in base ai valori degli inquinanti calcolati e, delle loro caratteristiche demografiche in termini di viabilità ed industrializzazione.
- I valori di HI e di rischio cancerogeno R per i POPs mostrano andamenti analoghi ai precedenti inquinanti, con valori maggiori nelle zone Brescia città e aree limitrofe seppure ampiamente entro i limiti;
- L'utilizzo di dati di mortalità e dimissioni ospedaliere in forma grezza (non standardizzata), obbligata in quanto assenti dalla fonte primaria dei dati (Istat) fornisce quadri puntuali (riferiti cioè allo specifico anno di calcolo) e non trend temporali evolutivi;
- Nei 3 anni di studio nei quali sono stati calcolati gli indici grezzi di mortalità per le patologie in esame, il comune di Brescia raffrontato con gli altri capoluoghi della Regione Lombardia si colloca generalmente nella media lombarda;

- Le differenze evidenziate fra le fasce di comuni Nord, centro-Nord, Comune di Brescia, Centro-Sud e Sud, mostrano andamenti dei tassi di mortalità grezzi con il comune capoluogo maggiormente in prima posizione ed una variabilità di posizione delle altre fasce;
- L'analisi del comune di Brescia e dei 2 anelli concentrici a diversa distanza dallo stesso, ha solo per alcuni gruppi di patologie confermato quanto sopra, non evidenziando in ogni caso chiare variazioni complessive o per singole patologie in determinate direzioni tra il centro e l'anello più esterno;
- Nelle figure sotto riportate è presentata a titolo esemplificativo l'analisi di mortalità per tumore di trachea-bronchi e polmoni effettuata dall'ATS di Brescia, relativa al periodo 2000-2015 per alcune aree della provincia bresciana (ATS Brescia, 2017)



- I dati vengono così commentati *"nei maschi vi è un'area con maggior mortalità nella parte centro occidentale della ATS ed una minor mortalità verso il Garda nelle donne invece è l'area cittadina e di alcuni comuni limitrofi che hanno tassi più elevati, mentre la zona occidentale ha una minor mortalità. Anche questo dato riflette l'abitudine al fumo di sigaretta che negli anni 70 è andata aumentando prima nelle donne delle aree urbane e negli strati sociali più acculturati. Di più difficile interpretazione alcuni eccessi puntuali notati in entrambi i sessi in alcuni comuni delle alte valli"*;
- l'inquinamento atmosferico, alla cui individuazione delle componenti l'altra parte dello studio è dedicata, interagisce con altri fattori di rischio nella genesi di patologie per definizione ad eziologia multifattoriale, fattori di rischio individuali che (vedi fumo di sigaretta) possono avere un peso relativo ben superiore per lo sviluppo delle patologie neoplastiche, respiratorie non neoplastiche e cardiovascolari;
- molte delle considerazioni sopra riportate trovano conferma nelle *"conclusioni sintetiche"* del citato studio *"ATS Brescia, 2017"* delle quali si riportano alcuni punti a nostro avviso di particolare interesse quali: *"La mortalità generale continua a diminuire,*

l'età media di morte aumenta e l'aspettativa di vita è aumentata; la mortalità generale nella ATS di Brescia risulta essere inferiore sia rispetto alla media nazionale che alla media regionale; nel 2013 la mortalità per tumori nell'ATS di Brescia è stata in entrambi i sessi simili rispetto ai tassi italiani ed inferiore rispetto a quella lombarda; nelle zone occidentali e sud occidentali della ATS vi sono spesso tassi di mortalità per tumori più elevati mentre nel distretto del Garda si riscontrano i tassi più bassi, ma i tumori sono malattie diverse e la situazione territoriale cambia notevolmente a seconda della tipologia di tumore considerata; l'ATS di Brescia ha una mortalità per malattie del sistema circolatorio più bassa sia rispetto alla media nazionale, che regionale; il distretto cittadino e l'hinterland hanno avuto i tassi di mortalità per malattie del sistema circolatorio più bassi della media ATS, mentre una mortalità più elevata si è avuta nella fascia di comuni situati sui confini meridionali ed occidentali della ATS oltre che nell'area settentrionale, che comprende il distretto di Iseo, tutta la valle Trompia e parte della Valle Sabbia e dell'alto Garda".

6 Bibliografia

- Agenzie per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati. Revisione 2, Marzo 2008.
- Alessandrini ER1, Faustini A, Chiusolo M, et al. Air pollution and mortality in twenty-five Italian cities: results of the EpiAir2 Project. I Gruppo collaborativo EpiAir2. Epidemiol Prev. 2013 Jul-Oct;37(4-5):220-9.
- Andersen ZJ, Bønnelykke K, Hvidberg M et al. Long-term exposure to air pollution and asthma hospitalisations in older adults: a cohort study. Thorax 2012;67(1):6-11.
- Anderson HR, Spix C, Medina S et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. Eur Respir J 1997;10(5): 1064-71.
- Annuario dei dati ambientali, atmosfera – Ispra 2013
- Apostoli P, Bergonzi R, Catalani S. [Classification as carcinogenic for 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin: an eventful journey]. G Ital Med Lav Ergon. 2011 Jan-Mar;33(1):84-99.
- Apostoli P, Bergonzi R, Catalani S. [Polychloro biphenils (PCBS) and cancer]. G Ital Med Lav Ergon. 2009 Oct-Dec;31(4):419-27
- Armitage P, G. Berry, Statistica Medica - McGraw-Hill Inc. 1996
- Associazione Italiana di Oncologia Medica (AIOM), A.I.R.T.U.M. I numeri del cancro in Italia 2013. Brescia: Intermedia Editore, 2013
- Associazione Italiana di Oncologia Medica, Airtum, I numeri del cancro in Italia 2016
- ASTM (1995). Standard Guide for Risk Based Corrective Actions Applied at Petroleum Release Sites, Report E 1739 95.
- ASTM (1998). Standard Provisional Guide for Risk3 Based Corrective Action, Report PS104 98
- Baccini M, Biggeri A; Gruppo collaborativo EpiAir2 Impatto a breve termine dell'inquinamento dell'aria nelle città coperte dalla sorveglianza epidemiologica EpiAir2 – Epidemiologia & Prevenzione 2013; 37 (4-5): 252-262
- ATS Brescia. Mortalità nella ATS di Brescia: impatto, andamento temporale e caratterizzazione territoriale. 2017.
- Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten LJ et al (2008a). Long-term exposure to traffic-related air pollution and lung cancer risk. Epidemiology, 19(5):702–10.
- Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten L et al. (2008b). Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). Environ Health Perspect, 116(2):196–202.
- S. Bernstein, R. Bernstein, Statistica descrittiva e inferenziale – McGraw-Hill Inc.2003
- Bertazzi PA, Consonni D, Bachetti S, Rubagotti M, Baccarelli A, Zocchetti C, Pesatori AC. Health effects of dioxin exposure: a 20-year mortality study. Am J Epidemiol. 2001 Jun 1;153(11):1031-44
- Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short term effects of air pollution – MISA 1996-2002. Epidemiol Prev 2004;28(4-5) Suppl:4-100

- Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution-MISA 1996-2002. *Int J Occup Environ Health*. 2005 Jan-Mar;11(1):107-22.
- Bloom MS, Vena JE, Olson JR, Kostyniak PJ. Assessment of polychlorinated biphenyl congeners, thyroid stimulating hormone, and free thyroxine among New York state anglers. *Int J Hyg Environ Health*. 2009 Nov; 212(6):599-611.
- Boffetta P, Catalani S, Tomasi C, Pira E, Apostoli P. Occupational exposure to polychlorinated biphenyls and risk of cutaneous melanoma: a meta-analysis. *Eur J Cancer Prev*. 2016 Oct 5.
- Boffetta P, Mundt KA, Adami HO, Cole P, Mandel JS. TCDD and cancer: a critical review of epidemiologic studies. *Crit Rev Toxicol*. 2011 Aug;41(7):622-36.
- Bradfield CA, Kende AS, Poland A. Kinetic and equilibrium studies of Ah receptor-ligand binding: use of C25H₂-2-iodo-7,8-dibromodibenzo-p-dioxin. *Mol Pharmacol* 1988; 34: 229.
- Brauer M, Amann M, Burnett RT, Cohen A, Dentener F, Ezzati M et al. (2012). Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environ Sci Technol*, 46(2):652–60.
- Brody JG, Rudel RA. Environmental Pollutants and breast cancer. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1007-1019.
- Brunekreef B, Beelen R, Hoek G et al. Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NL-CS-AIR study. *Res Rep Health Eff Inst* 2009; 139:5-71.
- Carey IM, Atkinson RW, Kent AJ, van Staa T, Cook DG, Anderson HR (2013). Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. *Am J Respir Crit Care Med*, 187(11):1226
- Catalani S. [IARC revision on dioxin and some dioxin-like compounds]. *G Ital Med Lav Ergon*. 2010 Jan-Mar;32(1):79-81
- Cesaroni G, Badaloni C, Gariazzo C, Stafoggia M, Sozzi R, Davoli M et al. (2013). Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome. *Environ Health Perspect*, 121(3):324–3
- Cesaroni G1, Forastiere F, Stafoggia M, Andersen ZJ, et al. Effect of long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014 Jan 21;348: f7412.
- Chiusolo M, Cadum E, Stafoggia M et al. Short-Term Effects of Nitrogen Dioxide on Mortality and Susceptibility Factors in 10 Italian Cities: the EpiAir Study. *Environ Health Perspect* 2011;119: 1233-8.
- Chopra M, Gährs M, Haben M, Michels C, Schrenk D. Inhibition of apoptosis by 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin depends on protein biosynthesis. *II Biol Toxicol* 2010; 26: 391-401.
- Codru N, Schymura MJ, Negoita S; Akwesasne Task Force on Environment, Rej R, Carpenter DO. Diabetes in relation to serum levels of polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides in adult Native Americans. *Environ Health Perspect*. 2007 Oct;115(10):1442-7

- Cohen AJ et al. (2005). The global burden of disease due to outdoor air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 68(13–14):1301–1307.
- Colais P, Faustini A, Stafoggia M, Berti G, Bisanti L, Cadum E, Cernigliaro A, Mallone S, Pacelli B, Serinelli M, Simonato L, Vigotti MA, Forastiere F Particulate air pollution and hospital admissions for cardiac diseases in potentially sensitive subgroups; EPIAIR Collaborative Group. *Epidemiology*. 2012 May;23(3):473-81.
- Colais P, Serinelli M, Faustini A, et al Air pollution and urgent hospital admissions in nine Italian cities. Results of the EpiAir Project Gruppo collaborativo EpiAir. *Epidemiol Prev*. 2009 Nov-Dec;33(6 Suppl 1):77-94.
- Cole P, Trichopoulos D, Pastides H, Starr T, Mandel JS. Dioxin and cancer: a critical review. *Regul Toxicol Pharmacol* 2003; 38:378-88.
- Colombo A, Benfenati E, Bugatti SG, Lodi M, Mariani A, Musmeci L, Rotella G, Senese V, Ziemacki G, Fanelli R. PCDD/Fs and PCBs in ambient air in a highly industrialized city in northern Italy. *Chemosphere*. 2013 Mar;90(9):2352-7.
- Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (1998). Quantification of the effects of air pollution on health in the United Kingdom. London, The Stationery Office
- Cooper MJ, Martin RV, van Donkelaar A, Lamsal L, Brauer, M, Brook JR (2012). A satellite-based multi-pollutant index of global air quality. *Environ Sci Technol*, 46(16):8523–4.
- Daniel W, *Biostatistica – Edises* 2011
- Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, Zeger SL. Estimating particulate matter-mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol*. 2000 Sep 1;152(5):397-406
- Darnerud PO, Lignell S, Glynn A, Aune M, Törnkvist A, Stridsberg M. POP levels in breast milk and maternal se Leijds MM, ten Tusscher GW, Olie K, van Teunenbroek T, van Aalderen WM, de Voogt P, Vulsma T, Bartonova A, Kreyer von Krauss M, Mosoiu C, Riojas-Rodriguez H, Calamandrei G, Koppe JG. Thyroid hormone metabolism and environmental chemical exposure. *Environ Health*. 2012 Jun 28;11 Suppl 1:S10.
- Dgr 8/2/2016 n° X/4792 “Approvazione delle Linee guida per la componente salute pubblica negli studi di impatto ambientale e negli studi preliminari ambientali”
- Di Guardo A, Terzaghi E, Raspa G, Borin S, Mapelli F, Chouaia B, Zanardini E, Morosini C, Colombo A, Fattore E, Davoli E, Armiraglio S, Sale VM, Anelli S, Nastasio P. Differentiating current and past PCB and PCDD/F sources: The role of a large contaminated soil site in an industrialized city area. *Environ Pollut*. 2017 Apr; 223:367-375.
- Diliberto JJ, Jackson JA, Birnbaum LS. Comparison of 2,3,7,8-tetrachlorodiben-zo-p-dioxin (TCDD) disposition following pulmonary, oral, dermal, and parenteral exposures to rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1996 May;138(1):158-68
- Donaldson K, Stone V. Current hypotheses on the mechanisms of toxicity of ultrafine particles. *Ann Ist Super Sanita*. 2003;39(3):405-10.
- Donato F, Zani C. Chronic exposure to organochlorine compounds and health effects in adults: cancer, non-Hodgkin lymphoma. Review of literature. *Ann Ig*. 2010 Jul-Aug;22(4):357-67.
- Dong GH, Zhang P, Sun B et al. Long-term exposure to ambient air pollution and respiratory disease mortality in Shenyang, China: a 12-year population-based retro-

spective cohort study. *Respiration* 2012;84(5):360-8.

- European Centre for Health Policy WHO Regional Office for Europe, Health impact assessment: main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper. 1999.
- Everitt S, Dizionario Cambridge di Statistica Medica – Pensiero Scientifico 1998
- Fierens S, Mairesse H, Heilier JF, De Burbure C, Focant JF, Eppe G, De Pauw E, Bernard A. Dioxin/polychlorinated biphenyl body burden, diabetes and endometriosis: findings in a population-based study in Belgium. *Biomarkers*. 2003 Nov-Dec;8(6):529-34.
- Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S, Le Moual N, Cantagrel A, Annesi-Maesano I et al. (2005). Twentyfive year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. *Occup Environ Med*, 62(7):453–60.
- Fitzgerald EF, Brix KA, Deres DA, Hwang SA, Bush B, Lambert G, Tarbell A. Polychlorinated biphenyl (PCB) and dichlorodiphenyl dichloroethylene (DDE) exposure among Native American men from contaminated Great Lakes fish and wildlife. *Toxicol Ind Health*. 1996 May-Aug;12(3-4):361-8.
- Fujii T, Fukuchi T, Goto N, Nemoto K, Takeuchi N. Dual Differential Absorption Lidar for the Measurement of Atmospheric SO(2) of the Order of Parts in 10(9). *Appl Opt*. 2001 Feb 20;40(6):949-56
- Requia WJ, Adams MD, Arain A, Papatheodorou S, Koutrakis P, Mahmoud M. Global Association of Air Pollution and Cardiorespiratory Diseases: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Investigation of Modifier Variables . *Am J Public Health*. 2017 Oct 26: e1-e8.
- Golden R, Doull J, Waddell W, Mandel J. Potential human cancer risks from exposure to PCBs: a tale of two evaluations. *Crit Rev Toxicol* 2003; 33:543-580.
- Golden R, Kimbrough R. Weight of evidence evaluation of potential human cancer risks from exposure to polychlorinated biphenyls: an update based on studies published since 2003. *Crit Rev Toxicol* 2009; 39:299-331.
- Goncharov A, Rej R, Negoita S, Schymura M, Santiago-Rivera A, Morse G; Akwesasne Task Force on the Environment, Carpenter DO. Lower serum testosterone associated with elevated polychlorinated biphenyl concentrations in Native American men. *Environ Health Perspect*. 2009 Sep;117(9):1454-60.
- Hamra GB, Guha N, Cohen A, Laden F, Raaschou-Nielsen O, Samet JM, Vineis P, Forastiere F, Saldiva P, Yorifuji T, Loomis D. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2014 Sep;122(9):906-11. Erratum in: *Environ Health Perspect*. 2014 Sep;122(9): A236
- Hartwig A, Schlepegrell R, Beyersmann D. Indirect mechanism of lead-induced genotoxicity in cultured mammalian cells, *Mutat. Res*1990; 241: 75-82.
- Health for All software – Istat giu.2017
- Heinrich J, Thiering E, Rzehak P et al. Long-term exposure to NO2 and PM10 and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occup Environ Med* 2013;70(3):179-86.
- Heinrich J, Thiering E, Rzehak P, Krämer U, Hochadel M, Rauchfuss KM et al. (2013). Long-term exposure to NO2 and PM10 and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occup Outdoor air pollution*249*Environ Med*,

70(3):179–86

- I.Stat - Istat database
- IARC (2013). Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 105:1–704.
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Outdoor Air Pollution. Vol. 109, 2015
- Incidenza dei tumori maligni nei distretti – ASL Brescia 2013
- ISS (2014). Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati. Sito di Venezia–Porto Marghera. Disponibile su: www.iss.it/binary/iasa/cont/Protocollo_per_monitoraggio_aria_indoor_outdoor_nei_siti_contaminati.pdf.
- ISS (2016). Richiesta parere in merito all'utilizzo dei valori di tossicità nell'analisi di rischio sito specifica. Prot. n. 3117dd. 3/2/2016. APAT (2008). Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati. Rev.2. Disponibile su: www.isprambiente.gov.it/files/temi/siti-contaminati-02marzo08.pdf.
- Jenkins S. Prenatal TCDD exposure predisposes for mammary cancer in rats. *Reprod Toxicol* 2007; 23: 391–396.
- Kang SH, Heo J, Oh IY, Kim J, Lim WH, Cho Y, Choi EK, Yi SM, Do Shin S, Kim H, Oh S. Ambient air pollution and out-of-hospital cardiac arrest. *Int J Cardiol*. 2016 Jan 15; 203:1086–92
- Katsouyanni K. Ambient air pollution and health. *Br Med Bull*. 2003; 68:143–56.
- Kerger BD, Leung HW, Scott PK, Paustenbach DJ. An adaptable internal dose model for risk assessment of dietary and soil dioxin exposures in young children. *Toxicol Sci*. 2007 Nov;100(1):224–37
- Khaniabadi YO1, Goudarzi G2,3, Daryanoosh SM4, Borgini A5, Tittarelli A5, De Marco A6 Exposure to PM10, NO2, and O3 and impacts on human health. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017 Jan;24(3):2781–2789
- Kim HB, Shim JY, Park B, Lee YJ. Long-Term Exposure to Air Pollutants and Cancer Mortality: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Nov 21;15(11)
- Lee DH, Lind PM, Jacobs DR Jr, Salihovic S, van Bavel B, Lind L. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plasma predict development of type 2 diabetes in the elderly: the prospective investigation of the vasculature in Uppsala Seniors (PIVUS) study. *Diabetes Care*. 2011 Aug;34(8):1778–84
- Leijds MM, ten Tusscher GW, Olie K, van Teunenbroek T, van Aalderen WM, de Voogt P, Vulsma T, Bartonova A, Kreyer von Krauss M, Mosoiu C, Riojas-Rodriguez H, Calamandrei G, Koppe JG. Thyroid hormone metabolism and environmental chemical exposure. *Environ Health*. 2012 Jun 28;11 Suppl 1:S10.
- Leung HW, Poland A, Paustenbach DJ, Murray FJ, Andersen ME. Pharmacokinetics of [125I]-2-iodo-3,7,8-trichlorodibenzo-p-dioxin in mice: analysis with a physiological modeling approach. *Toxicol. Appl. Pharmacol*. 1990 May;103(3):411–9
- Linee guida per la componente salute pubblica negli studi di impatto ambientale e negli studi preliminari ambientali – Regione Lombardia 2016
- Longnecker MP, Michalek JE. Serum dioxin level in relation to diabetes mellitus

among Air Force veterans with background levels of exposure. *Epidemiology*. 2000 Jan;11(1):44-8

- Loomis D., H.W., Chen G., The International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluation of the carcinogenicity of outdoor air pollution: focus on China. *Chin J Cancer*, 2014. 33(4): p. 189-96.
- Ludewig G, Robertson LW. Polychlorinated biphenyls (PCBs) as initiating agents in hepatocellular carcinoma. *Cancer Lett* 2012;7
- Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R. [Environment and health status of the population in areas with high risk of environmental crisis in Italy]. *Epidemiol Prev*. 2002 Nov-Dec;26(6 Suppl): 1-53.
- Matsumura F. On the significance of the role of cellular stress response reactions in the toxic actions of dioxin. *Biochem Pharmacol* 2003; 66: 527-540.
- Meeker JD, Hauser R. Exposure to polychlorinated biphenyls (PCBs) and male reproduction. *Syst Biol Reprod Med*. 2010 Apr;56(2):122-31.
- Mortalità nei distretti della Provincia di Brescia – ASL 2014
- Naess Ø, Nafstad P, Aamodt G, Claussen B, Rosland P (2007). Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol*, 165(4):435–43
- Nafstad P, Håheim LL, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermann I et al. (2003). Lung cancer and air pollution: a 27 year follow-up of 16 209 Norwegian men. *Thorax*, 58(12):1071–6
- National Academies of Science, Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. 1983.
- NATO/CCMS: North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society. International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxin and related compounds, 186, 1988.
- Olson JR, McGarrigle BP, Gigliotti PJ, Kumar S, McReynolds JH. Hepatic uptake and metabolism of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran. *Fundam. Appl. Toxicol*. 1994; 22: 631-40.
- Osservatorio Epidemiologico ASL di Brescia: Polveri sottili ed effetti sulla salute degli abitanti dell'ASL di Brescia, Luglio 2015
- Pagano M, K. Gauvreau, Biostatistica – Idelson Gnocchi 2003
- Poland A, Knutson JC. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin and related halogenated aromatic hydrocarbons: examination of the mechanism of toxicity. *Ann Rev Pharmacol Toxicol* 1982; 22: 517-554.
- Ponce de Leon, A., Anderson, H.R., Bland, J.M., Strachan, D.P., Bower, J. (1996). Effects of air pollution on daily hospital admissions for respiratory disease in London between 1987-88 and 1991-92. In *J Epidemiol Comm Health*, Vol. 50 (Supplement 1): S63-S70
- Pope CA 3rd. Adverse health effects of air pollutants in a nonsmoking population. *Toxicology*. 1996 Jul 17;111(1-3):149-55
- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G et al. (2013). Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective

analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol*, 14(9):813–22.

- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Sørensen M et al. (2011a). Lung cancer incidence and long-term exposure to air pollution from traffic. *Environ Health Perspect*, 119(6):860–5.
- Rapporto sulla qualità dell'aria di Brescia e Provincia – ARPA Lombardia 2010
- Requia WJ, Adams MD, Arain A, Papatheodorou S, Koutrakis P, Mahmoud M. Global Association of Air Pollution and Cardiorespiratory Diseases: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Investigation of Modifier Variables. *Am J Public Health*. 2017 Oct 26:e1-e8
- Safe SH. Comparative toxicology and mechanism of action of polychlorinated dibenzop-doxins and dibenzofurans. *Ann Rev Pharmacol Toxicol* 1986; 26: 371-399.
- Salay E, Garabrant D. Polychlorinated biphenyls and thyroid hormones in adults: a systematic review appraisal of epidemiological studies. *Chemosphere*. 2009 Mar;74(11):1413-9.
- Samoli E, Aga E, Touloumi G et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Respir J* 2006;27(6):1129-38. 79. 10.1289/ehp.1002904
- Schikowski T, Sugiri D, Ranft U et al. Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res* 2005;6: 152-78.
- Schlesinger RB, Driscoll KE, Gunnison AF, Zelikoff JT. Pulmonary arachidonic acid metabolism following acute exposures to ozone and nitrogen dioxide. *J Toxicol Environ Health*. 1990 Dec;31(4):275-90
- Seinfeld JH, Pandis S (2006). *Atmospheric chemistry and physics*. 2nd ed. Hoboken (NJ): John Wiley.
- Signorelli. *Elementi di Metodologia Epidemiologica* – Editrice Universo 2009
- Silverstone AE, Rosenbaum PF, Weinstock RS, Bartell SM, Foushee HR, Shelton C, Pavuk M. Polychlorinated biphenyl (PCB) exposure and diabetes: results from the An-niston Community Health Survey. *Environ Health Perspect*. 2012 May;120(5):727-32.
- Song Q, Christiani DC, XiaorongWang. The global contribution of outdoor air pollution to the incidence, prevalence, mortality and hospital admission for chronic ob- structive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis Ren J.. *Int J Envi- ron Res Public Health*. 2014 Nov 14;11(11):11822-32.
- Soto AM. Does breast cancer start in the womb? *Basic & Clinical Pharmacology &Toxi- cology* 2008; 102: 125-133.
- Spiegel MR, J. Schiller, R. Snirivasan. *Probabilità e Statistica* - McGraw-Hill Inc. 2003
- Straif K, Cohen A, Samet J, editors (2013). *Air pollution and cancer* (IARC Scientific Publication No. 161). Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from: <http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/>
- Tanaka T, Morita A, Kato M, Hirai T, Mizoue T, Terauchi Y, Watanabe S, Noda M; SCOP Study Group. Congener-specific polychlorinated biphenyls and the prevalence of diabetes in the Saku Control Obesity Program (SCOP). *Endocr J*. 2011;58(7):589-96
- The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Van den Berg, M. et al.,

Tox Sci Advance Access published July 7, 2006.

- USEPA (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1, Part A (EPA/540/1-89/002) www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/index.htm.
- USEPA (1994) Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry (EPA/600/8-90/066F). www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/rfc_methodology.pdf.
- USEPA (1995). Health effects assessment summary table. FY- 1995 Annual (EPA/540/-R-095/036).USEPA (2002). Region 9 PRGs Table 2002 Update. Disponibile su: www.waste.ky.gov/SFB/Documents/Region9PRGs.pdf.
- USEPA (2009). Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual (Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment) (EPA/540/-R-070/002). Disponibile su: www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsf/index.htm.
- USEPA (2011). Exposure Factor Handbook, EPA/600/R- 09/052F, September 2011. Disponibile su:www.epa.gov/expobox/exposure-factors-handbook-2011-edition.
- USEPA (2016). Regional Screening Levels (RSLs) – GenericTables (May 2016). Disponibile su:www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generictables-may-2016.
- Vaduganathan M, De Palma G, Manerba A, Apostoli P, Dei Cas L, Nodari S Risk of Cardiovascular Hospitalizations from Exposure to Coarse Particulate Matter (PM10) Below the European Union Safety Threshold. *Am J Cardiol.* 2016 Apr 15;117(8):1231-5.
- Vaduganathan M, De Palma G, Manerba A, Goldoni M, Triggiani M, Apostoli P, Dei Cas L, Nodari S, Risk of cardiovascular Hospitalizations from Exposure to coarse Particulate Matter (pM10) below the European union Safety Threshold – *American Journal of Cardiology* 2016
- Van Loveren H, Vos J, Putman E, Piersma A. Immunotoxicological consequences of perinatal chemical exposures: a plea for inclusion of immune parameters in reproduction studies. *Toxicology.* 2003 Apr 1;185(3):185-91.
- Vasiliu O, Cameron L, Gardiner J, Deguire P, Karmaus W. Polybrominated biphenyls, polychlorinated biphenyls, body weight, and incidence of adult-onset diabetes mellitus. *Epidemiology.* 2006 Jul;17(4):352-9.
- Viluksela M, Bager Y, Tuomisto JT, Scheu G, Unkila M, Pohjanvirta R, Flodstrom S, Kosma VM, Maki-Paakkanen J, Vartiainen T, Klimm C, Schramm KW, Warngard L, Tuomisto J. Liver tumor promoting activity of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in TCDD-sensitive and TCDD-resistant rat strains. *Cancer Res* 2000; 60: 6911-6920
- Vineis P, Hoek G, Krzyzanowski M, Vigna-Taglianti F, Veglia F, Airolidi L et al. (2006). Air pollution and risk of lung cancer in a prospective study in Europe. *Int J Cancer*, 119(1):169–74
- Wang Y, Hu J, Lin W, Wang N, Li C, Luo P, Hashmi MZ, Wang W, Su X, Chen C, Liu Y, Huang R, Shen C. Health risk assessment of migrant workers' exposure to polychlorinated biphenyls in air and dust in an e-waste recycling area in China: Indication for a new wealth gap in environmental rights. *Environ Int.* 2016 Feb;87:33-41.
- WHO (1987) Air Quality Guidelines for Europe, European Series No. 23, WHO Regional Publications, Copenhagen. WHO. Acute Effects on Health of Smog Episode, Report on a WHO Meeting, Hertogenbosh, Netherlands, WHO Regional Publication, European Series n° 43, 1990. WHO. Air Quality Criteria. WHO Regional Office for

EUROpe, Copenhagen, 1987.

- WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 288 pp.
- WHO (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Summary of risk assessment Global update 2005.
- Wyde ME, Cambre T, Lebetkin M, Eldridge SR, Walker NJ. Promotion of altered hepatic foci by 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin and 17 β -estradiol in male Sprague-Dawley rats. *Toxicol Sci* 2002; 68: 295-303.
- Xu J, Ye Y, Huang F, Chen H, Wu H, Huang J, Hu J, Xia D, Wu Y. Association between dioxin and cancer incidence and mortality: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2016;6: 38012.
- Zani C, Ceretti E, Covolo L, Donato F. Do polychlorinated biphenyls cause cancer? A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies on risk of cutaneous melanoma and non-Hodgkin lymphoma. *Chemosphere.* 2017; 183:97.
- Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Peacock J, Anderson RH, Le Tertre A, Bobros J, Celko M, Goren A, Forsberg B, Michelozzi P, Rabczenko D, Hoyos SP, Wichmann HE, Katsouyanni K. The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environ Health Perspect.* 2003 Jul;111(9):1188-93

