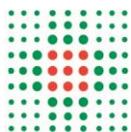


VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA, 2016

ottobre 2017



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna

Istituto delle Scienze Neurologiche
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

Valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, 2016**La presente pubblicazione è stata redatta da:**

Azienda USL di Bologna
Dipartimento di Sanità Pubblica
Direttore del Dipartimento
Dott. Paolo Pandolfi

UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio

Direttore
Dott. Paolo Pandolfi
Via Montebello, 6 – 40121 Bologna

A cura di:

Elisa Stivanello, Patrizia Biavati, Vincenza Perlangeli, Natalina Collina, Lorenzo Pizzi, Paolo Pandolfi
*UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

Un ringraziamento, per la messa a disposizione di dati ed informazioni utili a produrre questo rapporto va a:

Andrea Pizzoli, per la fornitura dei dati dell'Azienda USL di Imola;
I colleghi di Arpa, per l'invio periodico dei dati ambientali.

Per informazioni:

elisa.stivanello@ausl.bologna.it

paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

Progetto grafico e coordinamento editoriale

Rosa Domina

Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

Questo Rapporto è di proprietà dell'Azienda USL di Bologna e non è coperto da copyright, può quindi essere diffuso, purché non modificato, e sue parti possono essere estratte purché correttamente citato in bibliografia.

SOMMARIO

Premessa	4
1. Sintesi dei risultati	5
2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico	6
3. Metodi.....	10
4. VIS per la Città Metropolitana di Bologna	13
5. VIS per il Comune di Bologna.....	19
6. Confronto temporale	23
7. Inquinamento atmosferico e attività del Dipartimento di Sanità Pubblica	29
8. Considerazioni	31
9. Breve glossario	33
10. Bibliografia.....	34

Premessa

L'inquinamento atmosferico è un riconosciuto fattore di rischio per la salute. Numerosi studi, anche recenti, hanno confermato i suoi effetti sulla mortalità e sulla morbilità per diverse cause (REVIHAAP¹, ESCAPE²⁻⁶, EBoDE⁷, EpiAir 2⁸). Recentemente l'Agencia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) l'ha classificato come carcinogeno di classe 1⁹. L'OMS ha stimato che nel mondo nel 2012 3,7 milioni di persone sarebbero decedute prematuramente a causa dell'inquinamento atmosferico¹⁰. Nel progetto VIIAS (Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute) è stato valutato che in Italia nel 2010 i deceduti attribuibili al PM_{2,5} e al biossido di azoto (NO₂) sarebbero stati rispettivamente 21.524 e 11.993¹¹. Ogni anno, a partire dal 2003 il Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Bologna produce questo rapporto di valutazione di impatto sanitario (VIS) con l'obiettivo di monitorare l'impatto che alcuni inquinanti atmosferici producono sulla salute dei residenti nel territorio della Città Metropolitana di Bologna. Questo rapporto rappresenta quindi uno strumento per campagne di comunicazione e informazione sui rischi dell'inquinamento atmosferico per la salute umana. Inoltre costituisce un utile strumento di supporto per decisori al fine di garantire la tutela della salute dai fattori di rischio presenti in ambiente di vita non confinato come indicato dai Livelli Essenziali di Assistenza.

L'impatto è stato stimato in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2016 nella Città Metropolitana di Bologna; è stato calcolato sia per il breve che per il lungo termine e confrontato con le stime degli anni precedenti. L'impatto a breve termine è stato espresso come numero di morti e di ricoveri in eccesso, attribuibili ai vari inquinanti e come frazione di eventi (morti o ricoveri) che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l'inquinamento non avesse superato una determinata soglia. L'impatto a lungo termine è stato espresso come anni di vita persi. Sono stati presi in considerazione gli inquinanti atmosferici che determinano le maggiori criticità per la salute: il PM₁₀, il PM_{2,5} il biossido d'azoto (NO₂) e l'ozono (O₃).

L'esposizione media della popolazione a ciascun inquinante è stata definita come la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle centraline del territorio. L'impatto è stato calcolato utilizzando funzioni di rischio derivate dalla letteratura assumendo che fossero applicabili anche alla popolazione del territorio bolognese del 2016. Queste assunzioni comportano la necessità di considerare le stime d'impatto ottenute in questo rapporto come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno studiato. Uno dei limiti di questo rapporto è quello di offrire un quadro parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico. Infatti, sono stati considerati solo alcuni degli esiti possibili quali la mortalità ed i ricoveri per alcune patologie e non ne sono stati valutati altri pur evidenziati in alcuni studi¹². Si tenga presente inoltre che l'inquinamento atmosferico produce effetti negativi, oltre che sull'uomo, anche sull'ambiente, sugli animali, sugli ecosistemi e sul clima. Questi effetti, a loro volta, producono altri esiti negativi, sia a breve termine che a lungo termine, sulla salute dell'uomo che si aggiungono ai precedenti.

1. Sintesi dei risultati

1.1 Città Metropolitana di Bologna

Stime d'impatto a breve termine:

Evento		N. eventi attribuibili ^{1,2}			
		PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Decessi	tutte le cause naturali	57	108	52	73
	patologie cardiovascolari	16		30	
	patologie respiratorie	9		5	
Ricoveri	patologie respiratorie	65	177	84	218
	patologie cardiovascolari	86	129	163	

Dall'analisi sugli anni di vita persi alle concentrazioni del PM_{2,5} del 2016, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita viene ridotta di 4 mesi e mezzo circa.

1.2 Comune di Bologna

Stime d'impatto a breve termine:

Evento		N. eventi attribuibili ^{1,2}			
		PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Decessi	tutte le cause naturali	24	46	21	41
	patologie cardiovascolari	7		12	
	patologie respiratorie	4		2	
Ricoveri	patologie respiratorie	28	78	35	142
	patologie cardiovascolari	39	61	73	

Alle concentrazioni del PM_{2,5} del 2016, l'aspettativa di vita alla nascita viene ridotta di quasi 5 mesi.

1.3 Serie temporale

Confrontando i dati sulla mortalità generale attribuibile agli effetti a breve termine del PM₁₀ di una centralina di Bologna dal 2000 al 2016, si nota un trend in diminuzione dell'impatto. Allo stesso modo anche gli effetti attribuibili al PM_{2,5}, monitorati per un periodo più corto, evidenziano una riduzione. Non si evince invece alcun trend significativo in riduzione dell'impatto a breve termine dell'ozono e del biossido di azoto.

1.4 Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali del 2016 evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria rispetto al decennio precedente, attribuibile a più fattori anche climatici. Tuttavia, nonostante questi miglioramenti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute. E' auspicabile quindi un coinvolgimento di istituzioni e cittadini come indicato dal Piano Regionale Integrato per contrastare l'inquinamento e potenziare interventi strutturali lavorando in una dimensione integrata visto anche il contesto orografico e meteorologico della Pianura Padana.

¹ La stima è stata ottenuta considerando una soglia di "non effetto" di 10 µg/m³ per il PM_{2,5}, di 20 µg/m³ per il PM₁₀ e per l'NO₂; per l'ozono si è considerata una soglia di 70 µg/m³.

² I decessi ed i ricoveri attribuibili ad un inquinante non sono da sommare a quelli attribuibili ad un altro inquinante.

2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ derivano dalla rete delle centraline Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna.

La rete delle centraline Arpae ha subito varie ristrutturazioni: alcune centraline sono state sostituite o disattivate, altre attivate¹³. Nell'ultimo periodo, il D. Lgs n. 155/2010 ha introdotto nuovi criteri di zonizzazione del territorio portando ad una ridefinizione della rete regionale, modificata rispetto alla precedente soprattutto nel numero di stazioni utili a valutare la qualità dell'aria. A livello della Città Metropolitana, nel 2016 erano operative le seguenti centraline¹³:

STAZIONE	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Bologna - Giardini Margherita	•	•	•	•
Bologna – Porta San Felice	•	•		•
Bologna – Chiarini	•		•	•
San Lazzaro - Poggi	•			•
Molinella - S.Pietro Capofiume	•	•	•	•
Imola – De Amicis	•			•
Porretta Terme – Castelluccio	•	•	•	•

Ai fini di questa valutazione la centralina di Porretta Terme – Castelluccio non è stata considerata perché ritenuta poco rappresentativa dell'esposizione della popolazione essendo una centralina di fondo remoto.

Come nelle valutazioni precedenti, si assume come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle centraline della Città Metropolitana. L'assunto supera il problema degli spostamenti della popolazione che avvengono nel corso dell'anno all'interno della Città Metropolitana per motivi di lavoro o per altri motivi. Similmente, come valore dell'esposizione della popolazione del Comune, si considera la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle centraline del Comune. Recentemente Giannini et al¹⁴, hanno confrontato l'impatto calcolato utilizzando dati provenienti dalle stazioni di monitoraggio con quello calcolato a partire da modelli e non hanno evidenziato differenze rilevanti.

Per il confronto temporale delle stime di impatto, si considerano invece solo i valori rilevati nella centralina di Porta San Felice per il PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e quelli rilevati nella centralina dei Giardini Margherita per l'ozono.

Riportiamo per ogni inquinante alcune statistiche riepilogative relative al Comune e alla Città Metropolitana di Bologna. Per approfondimenti sui valori degli inquinanti a livello delle singole centraline e sui superamenti dei limiti normativi si rimanda al documento Arpae¹³ già citato.

Tabella 1. Statistiche riepilogative del PM₁₀ in µg/m³, 2016

	PM ₁₀			
	N. dati validi	Media annua	Massima annua	Giorni >50 µg /m ³
Città Metropolitana di Bologna	366	23,6	110	20
Comune di Bologna	366	24,0	117	24

Dal grafico si evince che nel 2016, le concentrazioni medie giornaliere più frequentemente registrate nella Città Metropolitana vanno da 10 a 19 µg/m³. Sostanzialmente sovrapponibile risulta la curva relativa alla percentuale di giorni di esposizione della popolazione del Comune di Bologna che quindi non viene riportata.

Grafico 1. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM₁₀, Città Metropolitana 2016.

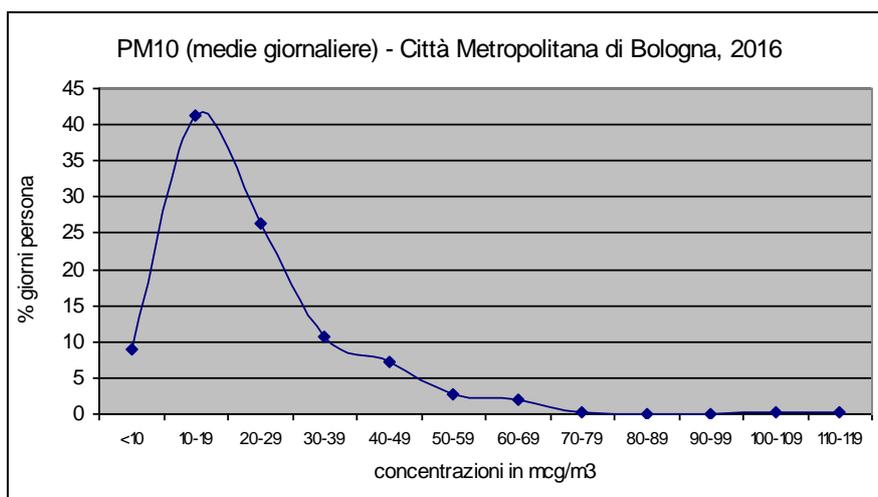


Tabella 2. Statistiche riepilogative del PM_{2,5} in µg/m³, 2016

	PM _{2,5}		
	N. dati validi	Media annua	Massima annua
Città Metropolitana di Bologna	366	16,8	89,3
Comune di Bologna	366	17,3	91,5

Le concentrazioni di PM_{2,5} cui è esposta la popolazione della Città Metropolitana sono per la maggior parte (71%) inferiori a 20 µg/m³. Molto simile è la curva relativa ai giorni di esposizione nel Comune.

Grafico 2. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM_{2,5}, Città Metropolitana 2016.

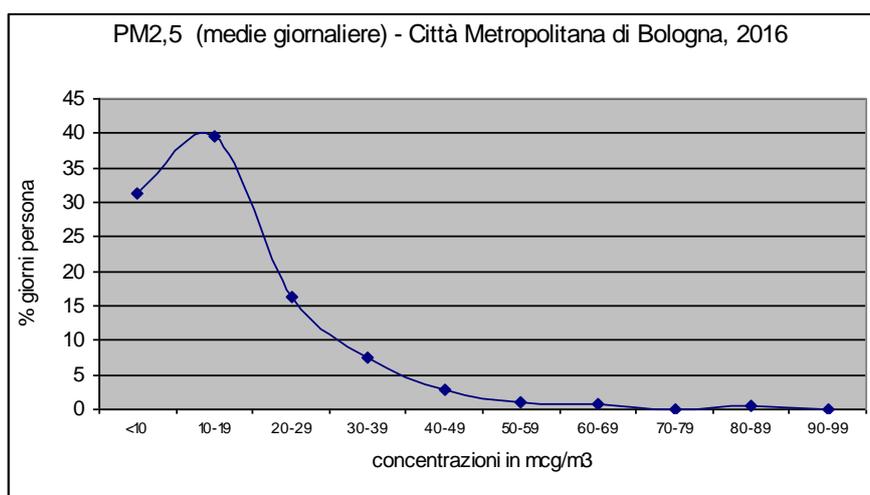
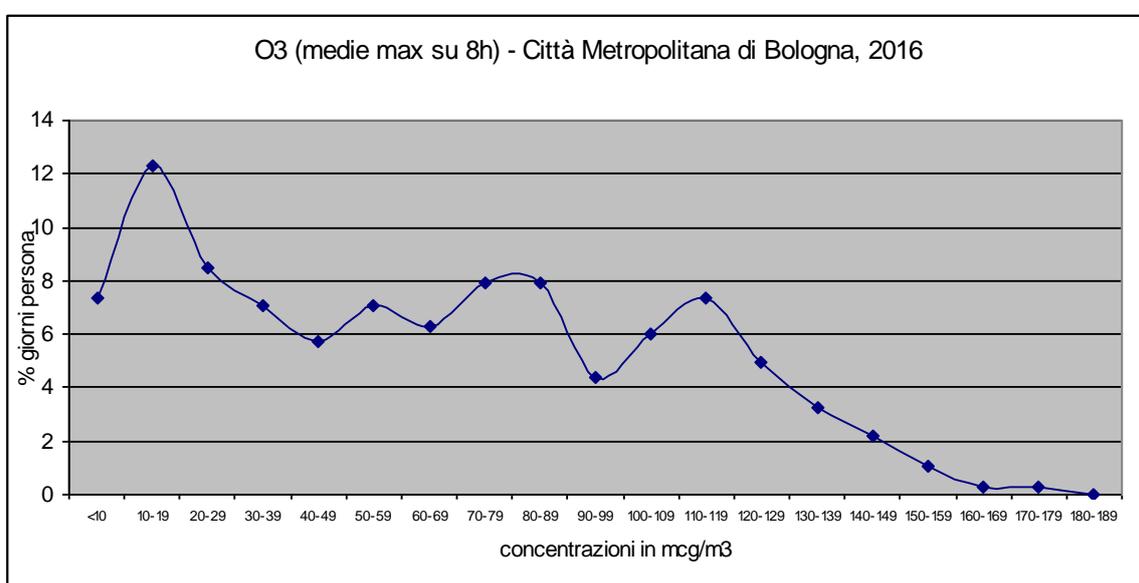


Tabella 3. Statistiche riepilogative dell'Ozono in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016

	Ozono			
	N. giorni validi	Media annua	Max annua media 8 h	Giorni con media max 8h>120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Città Metropolitana di Bologna	366	42,4	170,8	44
Comune di Bologna	366	41,9	173,0	45

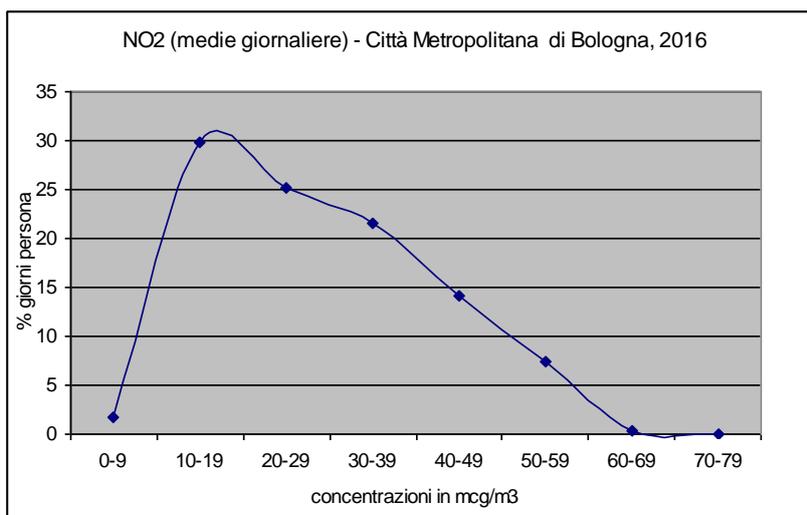
La percentuale di giorni di esposizione della popolazione della Città Metropolitana e del Comune per le diverse fasce di valori di O_3 segue un andamento multimodale, diverso quindi da quello degli altri inquinanti.

Grafico 3. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di ozono, Città Metropolitana 2016.

Tabella 4. Statistiche riepilogative del biossido di azoto in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016

	NO ₂		
	N. giorni validi	Media annua	Massima oraria
Città Metropolitana di Bologna	366	28,9	89,8
Comune di Bologna	366	35,9	100,3

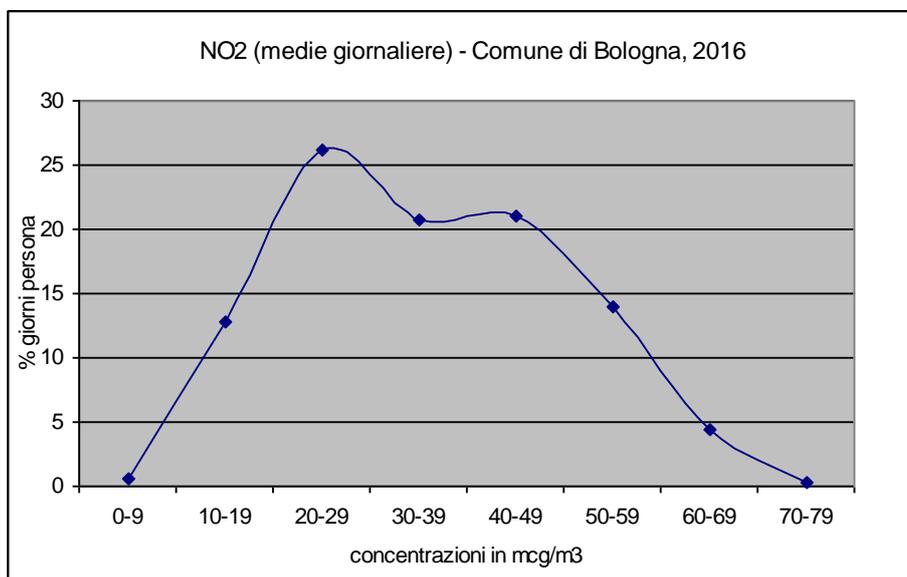
Grafico 4. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di biossido di azoto, Città Metropolitana 2016.



Nel grafico si osserva che le concentrazioni cui è esposta più frequentemente la popolazione della Città Metropolitana vanno dai 10 ai 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se si considera il territorio comunale, si osserva che la curva è spostata verso destra con la popolazione esposta con frequenza anche a concentrazioni tra i 40 e i 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 5. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di biossido di azoto, Comune di Bologna, 2016.



3. Metodi

L'impatto a breve termine è stato valutato, per tutti e quattro gli inquinanti, in termini di:

- numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare se l'inquinante analizzato non avesse superato una determinata soglia arbitrariamente definita di "non effetto";
- rischio attribuibile di popolazione percentuale (RA%), cioè la proporzione di eventi (morti o ricoveri), osservati in una popolazione durante un periodo di tempo, attribuibili all'esposizione. Il RA% corrisponde quindi alla percentuale di decessi o ricoveri tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare (o ritardare) se l'inquinante non avesse superato una data soglia di "non effetto".

L'impatto a lungo termine, è stato misurato, solo per il PM_{2,5}, come:

- anni di vita persi, ossia il numero di anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal PM_{2,5} nel 2016 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m³.

Il numero di decessi attribuibili all'esposizione a lungo termine del PM_{2,5} è stato presentato nel rapporto precedente¹⁵.

Il calcolo degli indicatori d'impatto a breve e lungo termine è stato effettuato utilizzando il software AirQ+ prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"¹⁶. La versione del 2016 ha sostituito la precedente versione AirQ 2.2.3 (AIR Quality health impact assessment tool) della stessa organizzazione.

Si sottolinea che a causa di correlazioni tra i vari inquinanti, non è corretto sommare tra loro gli impatti stimati dei diversi inquinanti, in quanto ciò porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più tenendo conto che il PM_{2,5} è parte del PM₁₀^{1, 17}. Lo stesso dicasi rispetto all'impatto nel breve termine che è compreso nell'impatto a lungo termine.

3.1 Esiti e rischi relativi

L'impatto è stato calcolato per la mortalità naturale, ossia la mortalità per tutte le cause escluse le traumatiche, la mortalità respiratoria e cardiovascolare e per i ricoveri con diagnosi di patologie cardiovascolari e respiratorie definiti in base ai codici del sistema di classificazione internazionale delle malattie: ICD X (decessi dal 2009) e ICD IX (ricoveri).

Per il calcolo dell'impatto sono state applicate delle stime di rischi relativi (RR) di riferimento raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting¹⁷⁻¹⁸ o indicati in AirQ versione 2.2.3.

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX	Fonte	RR (IC95%)
PM ₁₀	Mortalità naturale	<S00	AirQ ⁸	1,0074 (1,0062-1,0086)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	AirQ ⁸	1,012 (1,008-1,037)
	Mortalità cardiovascolare ³	I20-I67 e G45	AirQ ⁸	1,008 (1,005-1,018)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	AirQ ⁸	1,008 (1,0048-1,0112)
	Ricoveri cause cardiovascolari ³	410-436	AirQ ⁸	1,009 (1,006-1,013)
PM _{2,5}	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0123 (1,0045-1,0201)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE ⁹	1,0190 (0,9982-1,0402)
	Ricoveri cause cardiovascolari	390-459	HRAPIE ⁹	1,0091 (1,0017-1,0166)
Ozono	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0029 (1,0014-1,0043)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	HRAPIE ⁹	1,0029 (0,9989-1,007)
	Mortalità cardiovascolare	I00-I99	HRAPIE ⁹	1,0049 (1,0013-1,0085)
	Ricoveri cause cardiovascolari	390-429	HRAPIE ⁹	1,0089 (1,0050-1,0127)
NO ₂	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0027 (1,0016-1,0038)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	1,0180 (1,0115-1,0245)

RR utilizzati per la valutazione di impatto a lungo termine:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX	Fonte	RR (IC95%)
PM _{2,5}	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,062 (1,040-1,083)

3.2 Soglie

Per il calcolo dell'impatto, sono state considerate come soglie "di non effetto" i 10 µg/m³ e valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell'OMS (in grassetto quelli di riferimento)¹⁷.

Inquinante	Concentrazioni in µg/m ³ considerate come soglie di "non effetto"
PM ₁₀	10, 20 , 40
PM _{2,5}	10 , 20
Ozono	10, 70 , 110
NO ₂	10, 20

3.3 Confronti temporali

Per i confronti temporali sono stati considerati solo i dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio. L'andamento temporale dell'impatto è stato studiato utilizzando un modello di regressione lineare definendo come significativo un valore di p<0.05.

Le stime di impatto presentate in rapporti di valutazione del passato non possono essere direttamente confrontate tra loro per cambiamenti apportati alla rete di monitoraggio, per il nuovo sistema di codifica delle cause di mortalità adottato nel 2009 e per le stime di rischio che negli anni sono state aggiornate.

³ Il termine cardiovascolare viene definito in modo diverso a seconda degli studi.

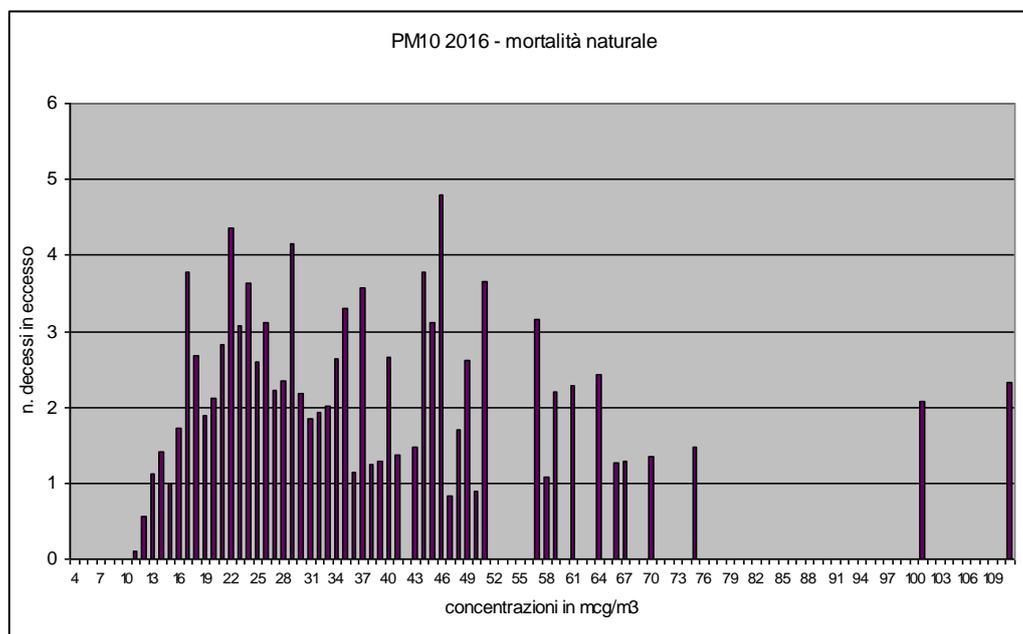
3.4 Considerazione metodologiche

Come detto in premessa, questa valutazione si limita a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento. L'impatto sanitario viene studiato solo per alcuni esiti di salute, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti, come ad es. diabete¹⁹⁻²⁰, ipertensione²¹, nascite pretermine e il basso peso alla nascita²²⁻²⁴, disturbi neurologici^{20,25-26} e altri tumori¹²⁻²⁷, seppur evidenziati da studi recenti o gli effetti sulle categorie più vulnerabili²⁰⁻²⁸ e sui soggetti di basso livello socioeconomico²⁹. Inoltre, nel calcolo dell'impatto a lungo termine, vengono considerati gli anni di vita persi ma non l'attesa di vita corretta per disabilità (DALYs)⁷.

Le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i RR aggiornati dell'OMS che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2016 e che potrebbero differire per una diversa composizione chimica delle polveri, per diverse situazioni meteorologiche, per il tempo trascorso all'esterno delle abitazioni, per l'uso di condizionatori e per la diffusione di inquinanti all'interno della casa³⁰⁻³⁹. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati. I risultati di impatto nel breve termine presentati in questo rapporto sovrastimano quindi probabilmente l'impatto reale che rimane comunque dello stesso ordine di grandezza.

dei morti “attribuibili” al suo superamento. A tutte le soglie, il maggiore RA % è osservato per la mortalità per cause respiratorie (0,83% alla soglia di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 114 morti in eccesso alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La maggior parte dei morti in eccesso avviene ad esposizioni inferiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le concentrazioni che più frequentemente si presentano durante l’anno.



Le stime di impatto sui ricoveri per le patologie respiratorie e cardiovascolari sono:

	Valore limite di PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
Città Metropolitana, 2016	>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	16 (10-22)	65 (39-91)	131 (78-182)
RA% (IC95%)	0,13 (0,08-0,19)	0,55 (0,33-0,77)	1,1 (0,66-1,54)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	21 (14-30)	86 (57-124)	172 (115-247)
RA% (IC95%)	0,15 (0,12-0,22)	0,62 (0,41-0,9)	1,24 (0,83-1,79)

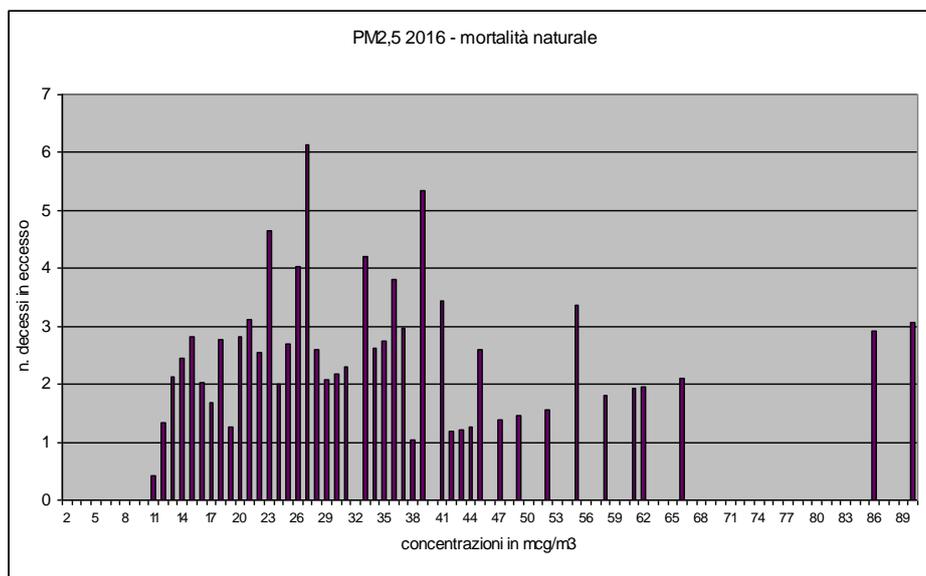
A tutte le soglie, il PM_{10} ha un impatto lievemente maggiore sui ricoveri per patologie cardiovascolari rispetto a quelle respiratorie. Alla soglia di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono 86 i ricoveri per cause cardiovascolari attribuibili al PM_{10} , pari ad un RA% dello 0,62.

4.3 Impatto a breve termine del $\text{PM}_{2,5}$

Alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il numero di morti attribuibili al $\text{PM}_{2,5}$ è di 108, corrispondente allo 0,97% di tutti i decessi per cause naturali.

Città Metropolitana, 2016	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità Naturale		
N. decessi (IC 95%)	49 (18-80)	108 (40-176)
RA% (IC 95%)	0,44 (0,16-0,72)	0,97% (0,36-1,58)

Come si vede dalla figura seguente la maggior parte (60%) dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 40 µg/m³ di PM_{2,5}.



Le stime di impatto per i ricoveri sono:

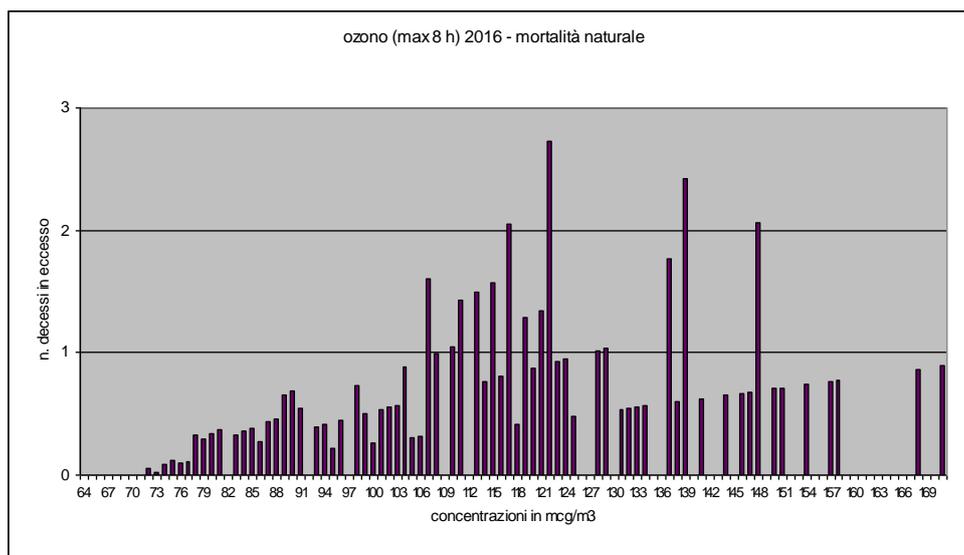
Città Metropolitana, 2016	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)	
	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	80 (0-171)	177 (0-375)
RA % (IC95%)	0,68 (0-1,45)	1,50 (0-3,17)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N ricoveri (IC 95%)	58 (11-106)	129 (24-236)
RA % (IC95%)	0,32 (0,06-0,59)	0,72 (0,13-1,31)

4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di ozono il RA% dello 0,47% per la mortalità naturale, dello 0,79% e dello 0,47% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

Città Metropolitana, 2016	Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Mortalità Naturale			
N decessi (IC 95%)	11 (5-17)	52 (25-77)	179 (87-265)
RA% (IC 95%)	0,1 (0,05-0,15)	0,47 (0,23-0,69)	1,61 (0,78-2,38)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	7 (2-11)	30 (8-53)	104 (28-179)
RA% (IC95%)	0,17 (0,04-0,3)	0,79 (0,21-1,37)	2,71 (0,72-4,67)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	1(0-3)	5(0-12)	17(0-42)
RA% (IC95%)	0,1 (0-0,24)	0,47 (0-1,13)	1,61 (0-3,85)

La figura mostra che a differenza dei decessi attribuibili alle polveri, i decessi in eccesso attribuibili all'ozono sono distribuiti anche a concentrazioni più alte.



I ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono 84 per le patologie respiratorie e 163 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,71 e l'1,44% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

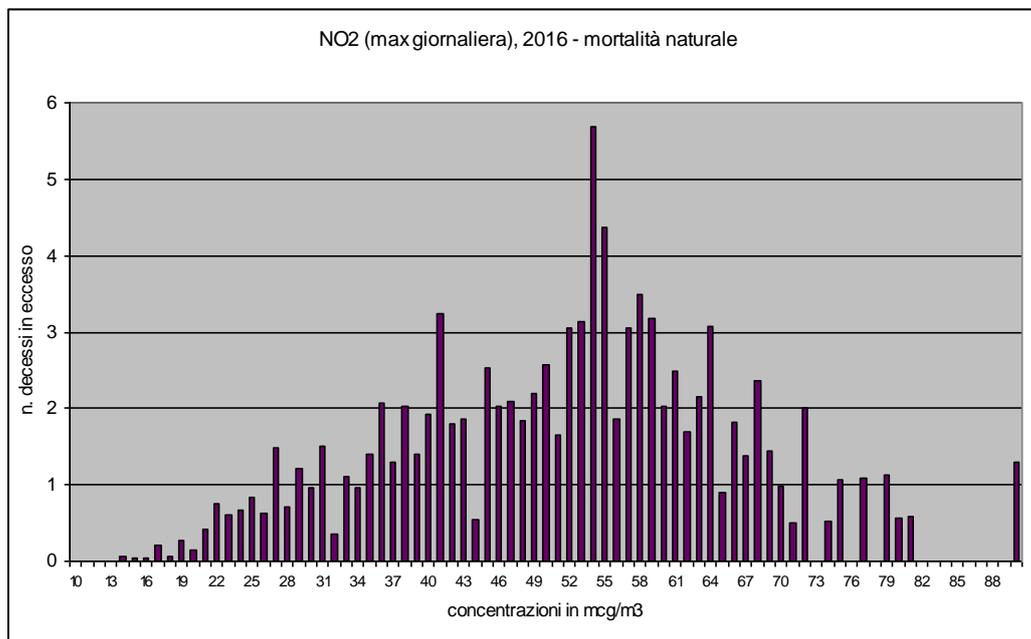
Città Metropolitana, 2016	Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	18 (3-34)	84 (13-159)	288 (46-539)
RA% (IC95%)	0,15 (0,02-0,29)	0,71(0,11-1,34)	2,43 (0,39-4,56)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	35 (20-50)	163 (91-233)	553 (313-785)
RA% (IC95%)	0,31 (0,17-0,44)	1,44 (0,81-2,05)	4,88 (2,76-6,92)

4.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi in eccesso alla soglia di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono 73 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 218.

Città Metropolitana, 2016	Valore limite di NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità Naturale		
N decessi (IC 95%)	73 (43-102)	102 (61-144)
RA% (IC 95%)	0,65 (0,39-0,92)	0,92 (0,55-1,29)
Ricoveri per patologie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	218 (140-296)	396 (255-535)
RA% (IC 95%)	1,84 (1,18-2,5)	3,35 (2,15-4,52)

La figura mostra come sono distribuiti i morti in eccesso.



4.6 Impatto a lungo termine

Considerando la soglia di “non effetto” di 10 µg/ m³ si ottiene la “speranza di vita”, espressa in anni, per ogni età, e gli “anni di vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM_{2,5} nel 2016. Nella tabella, la colonna “% impatto”, fornisce il valore di quanto gli anni persi incidano sul totale della speranza di vita, per ogni classe d’età considerata.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	83,88	0,37	(0,24-0,49)	0,44
5	79,06	0,37	(0,24-0,49)	0,47
10	74,09	0,37	(0,24-0,49)	0,50
20	64,18	0,37	(0,24-0,49)	0,58
30	54,33	0,37	(0,24-0,50)	0,69
50	34,88	0,36	(0,23-0,47)	1,02
65	21,43	0,31	(0,20-0,42)	1,46
80	10,05	0,23	(0,15-0,31)	2,30
100	2,22	0,11	(0,07-0,14)	4,88

Un bambino nato nel 2016 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di quasi 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,37 (IC 95% 0,24-0,49) anni (4 mesi e mezzo) vengono persi con livelli di PM_{2,5} pari a quelli del 2016. Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di anni di vita persi. L’inquinamento ha un impatto via via crescente sulla speranza di vita all’aumentare dell’età. Dopo i 50 anni, più del 1% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e arriva a valori oltre il 2% dopo gli 80 anni.

Nel 2016 la popolazione di tutte le età della Città Metropolitana ha perduto circa 220 anni di vita a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5}. La popolazione di età inferiore ai 65 anni ha perso 19,61 anni .

Anni di vita persi nel corso del 2016 (IC al 95 %)	
Tutte le età	220,72 (144,93 – 290,65)
0-65 anni	19,61 (12,87 – 25,82)

5. VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione⁴⁰, necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione del Comune	Al 1/01/2016	Al 1/1/2017 ⁵	media nel 2016
Tutte le età	386663	388367	387515
Età >30	291115	291627	291371

Il numero di residenti, morti⁴¹ in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso mortalità x 100.000
Mortalità naturale (ICD X < S00) - tutte le età	4449	1148.08
- >30 anni	4435	1522.11
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1534	395.86
(ICD X I20-I67, G45)	1153	297.54
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	418	107.87

Il numero di residenti di Bologna ricoverati in regime ordinario nelle strutture provinciali è:

Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	4999	1290.01
(ICD IX 390-459)	7851	2025.99
(ICD IX 410-436)	5942	1533.36
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	4850	1251.56

5.2 Impatto a breve termine del PM₁₀

A Bologna, si stimano 24 decessi (IC 95% 20-28) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM₁₀, corrispondenti allo 0,54% dei decessi per tutte le cause naturali, se consideriamo 20 µg/m³ come soglia di "non effetto".

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Mortalità naturale			
N decessi (IC 95%)	6 (5-7)	24 (20-28)	47 (39-55)
RA% (IC95%)	0,14 (0,12-0,16)	0,54 (0,45-0,63)	1,06 (0,89-1,23)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	2 (1-4)	7 (4-15)	13 (8-30)
RA% (IC95%)	0,15 (0,09-0,34)	0,58 (0,37-1,32)	1,14 (0,72-2,56)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	1 (1-3)	4 (2-11)	7(5-22)
RA% (IC95%)	0,23 (0,15-0,72)	0,88 (0,58-2,72)	1.71 (1,14-5,22)

Le stime di impatto a breve termine sui ricoveri per patologie respiratorie e cardiovascolari sono:

⁵ Dato aggiornato al 12/06/2016

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	7 (4-10)	28 (17-40)	55 (33-78)
RA% (IC95%)	0,15 (0,09-0,21)	0,58 (0,35-0,82)	1,14 (0,69-1,6)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	10 (7-15)	39 (26-57)	76 (51-110)
RA% (IC95%)	0,17 (0,11-0,25)	0,66 (0,44--0,95)	1,29 (0,86-1,85)

5.3 Impatto a breve termine del PM_{2,5}

Per quanto riguarda il PM_{2,5}, il numero di decessi attribuibili considerando la soglia di 10 µg/m³ è di 46.

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità Naturale		
N decessi (IC 95%)	22 (8-36)	46 (17-76)
RA%(IC 95%)	0,5 (0,18-0,81)	1,04 (0,38-1,71)

Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM_{2,5} sono attribuibili l'1,61% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,77% di quelli per cause cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	37 (0-79)	78 (0-165)
RA%(IC 95%)	0,77 (0-1,64)	1,61 (0-3,41)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N ricoveri (IC 95%)	29 (5-53)	61 (11-111)
RA%(IC 95%)	0,37 (0,07-0,67)	0,77 (0,14-1,41)

5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel Comune di Bologna, sono attribuibili 21 morti in eccesso, ossia lo 0,48% della mortalità.

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Mortalità naturale			
N decessi (IC 95%)	5 (3-8)	21 (10-31)	69 (34-103)
RA% (IC 95%)	0,12 (0,06-0,17)	0,48 (0,23-0,71)	1,56 (0,75-2,31)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	3 (1-5)	12 (3-21)	40 (11-70)
RA% (IC 95%)	0,2 (0,05-0,34)	0,8 (0,21-1,4)	2,63 (0,7-4,54)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	0 (0-1)	2(0-5)	7 (0-16)
RA% (IC 95%)	0,12(0-0,28)	0,48 (0-1,15)	1,56 (0-3,74)

Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le stime dei RA% raggiungono l'1,47% per le malattie cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Ricoveri per malattie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	9 (1-16)	35 (6-66)	115 (18-215)
RA% (IC95%)	0,18 (0,03-0,34)	0,72(0,11-1,37)	2,36 (0,38-4,43)
Ricoveri per malattie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	18 (10-26)	73 (41-105)	237 (134-337)
RA% (IC95%)	0,36 (0,2-0,52)	1,47 (0,82-2,09)	4,75 (2,68-6,73)

5.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi attribuibili al NO_2 alla soglia di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la mortalità per cause naturali sono 41 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 142.

Comune di Bologna, 2016	Valore limite di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità naturale		
N morti (IC 95%)	41 (24-58)	53(31-74)
RA% (IC 95%)	0,92 (0,55-1,29)	1,19 (0,71-1,67)
Ricoveri per malattie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	142 (91-192)	221 (142-298)
RA% (IC 95%)	2,92 (1,88-3,96)	4,55 (2,93-6,14)

5.6 Impatto a lungo termine

Di seguito si riporta la “speranza di vita” (espressa in anni) per ogni età, gli “anni di vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dal PM_{2,5} nel 2016, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m³ e la “percentuale (%) d’impatto” sulla speranza di vita degli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM_{2,5}.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	84,62	0,40	(0,26-0,53)	0,47
5	79,72	0,40	(0,26-0,53)	0,50
10	74,75	0,40	(0,26-0,53)	0,54
20	64,82	0,40	(0,26-0,53)	0,62
30	54,94	0,40	(0,26-0,53)	0,73
50	35,46	0,39	(0,25-0,51)	1,10
65	21,93	0,34	(0,22-0,45)	1,55
80	10,35	0,26	(0,17-0,34)	2,51
100	2,32	0,11	(0,07-0,15)	4,74

Si desume che un bambino nato nel 2016 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vita di quasi 85 anni. Di questi però 0,40 (IC 95% 0,26-0,53) anni, ossia quasi 5 mesi, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2016.

Nel Comune di Bologna nell’anno 2016 la somma degli anni di vita persi è di 95,01:

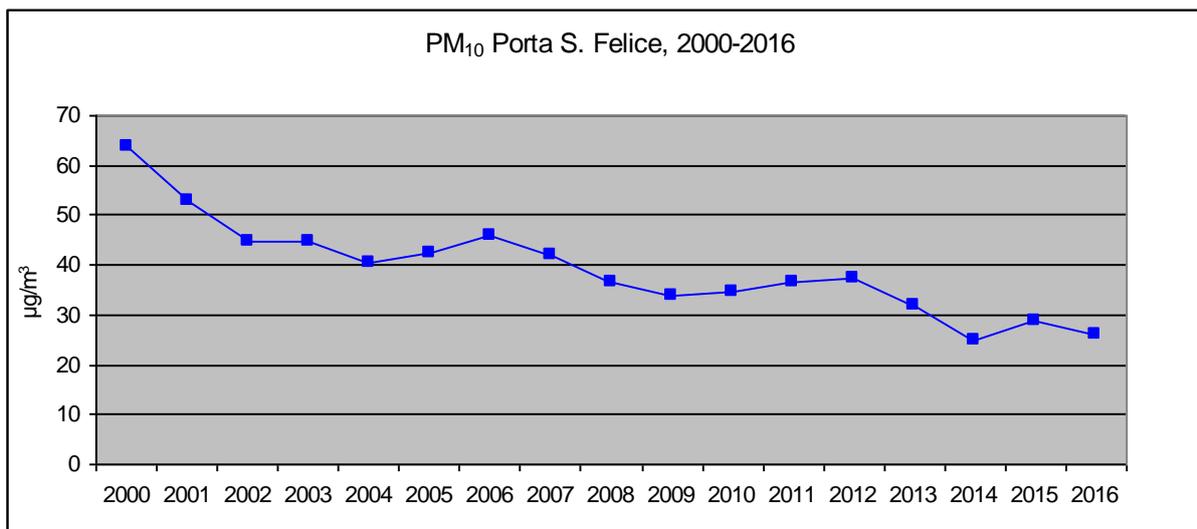
	Anni di vita persi nel 2016 (IC 95 %)
Tutte le età	95,01 (62,42 – 125,05)
0-64 anni	7,24 (4,76 – 9,53)

6. Confronto temporale

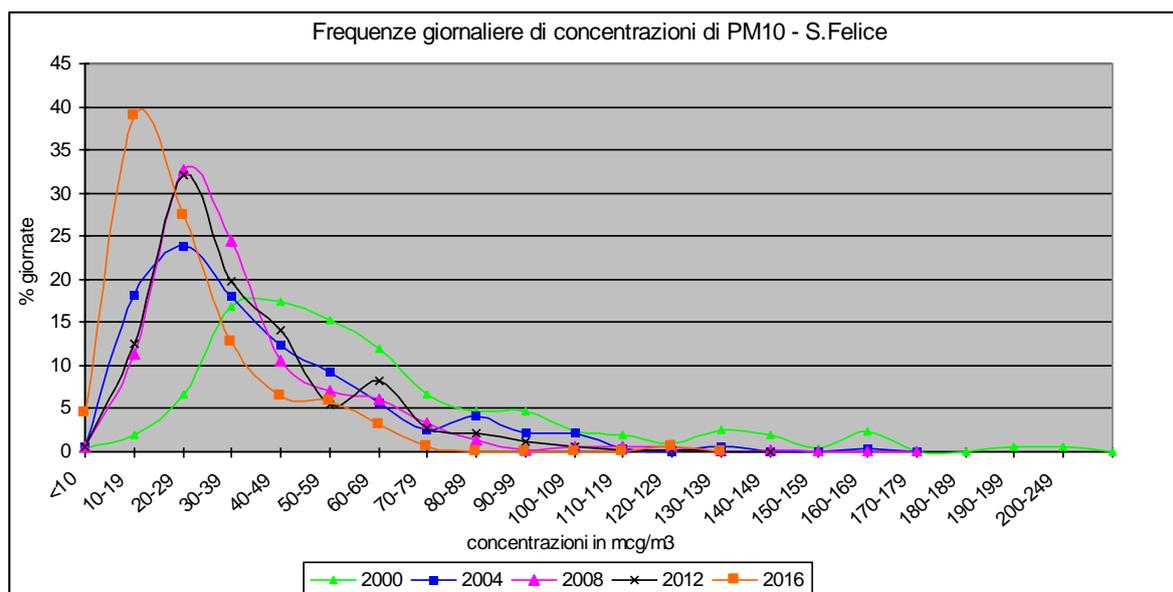
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti considerati e del loro impatto sulla mortalità.

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione del PM₁₀ e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000.

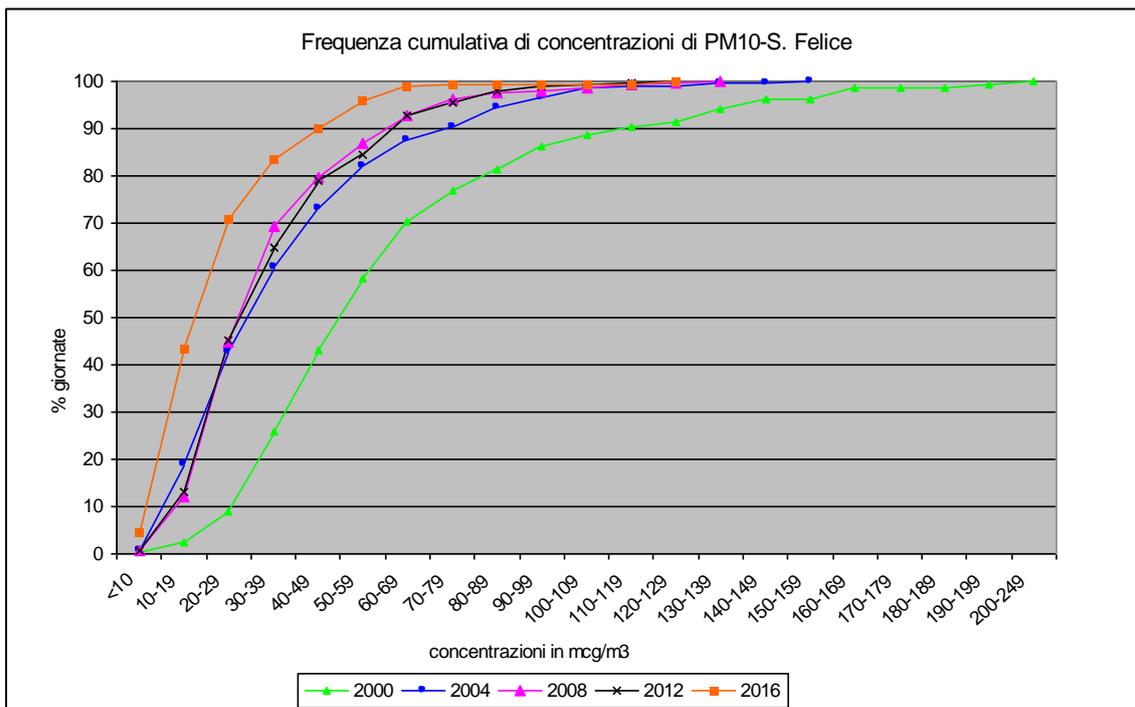
Nel periodo considerato, come si vede nel grafico, è presente un trend significativamente ($p < 0,001$) in diminuzione ($-1,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.



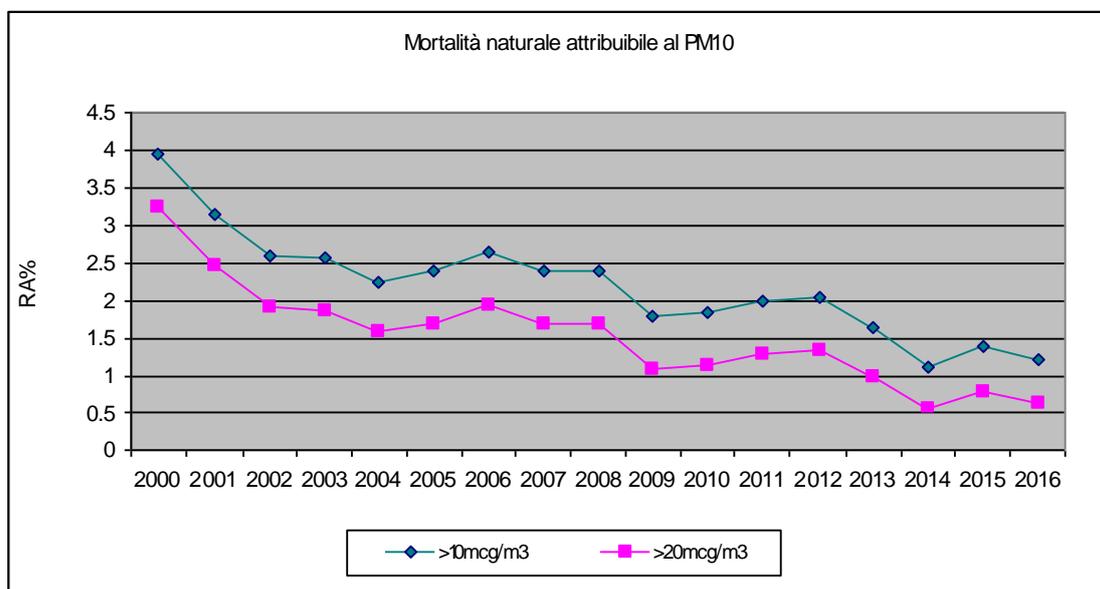
Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni giornaliere, suddivise in classi, si può vedere che le curve negli anni si spostano nella parte sinistra del grafico, cioè verso i livelli di concentrazione più bassi, con una minore dispersione verso i valori più elevati.



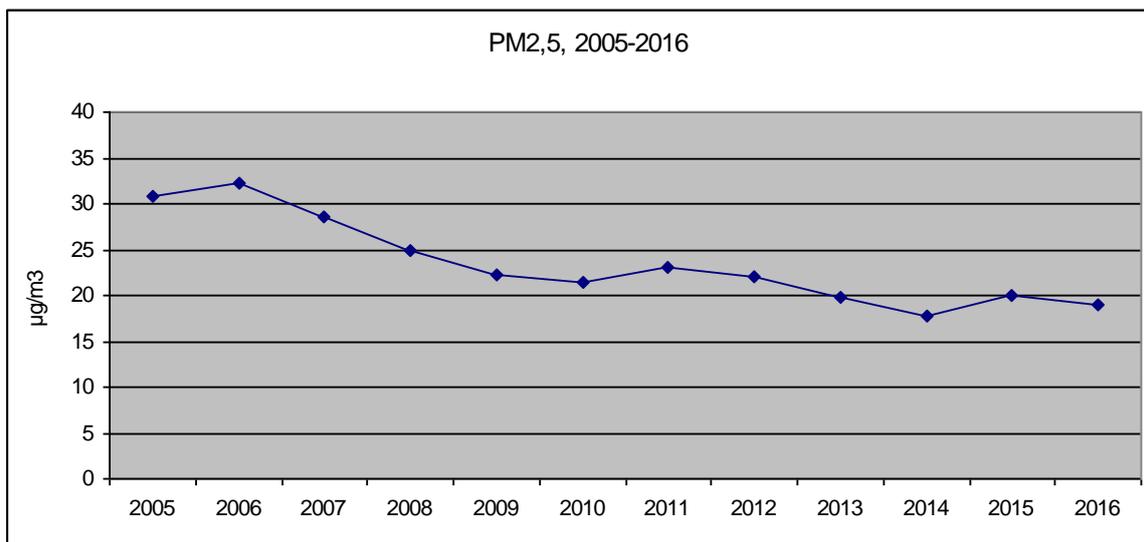
Complessivamente nel 2016 il numero di giornate con valori inferiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raggiunge il 90%, nel 2000 queste costituivano il 50% e nel 2008 l'80%.



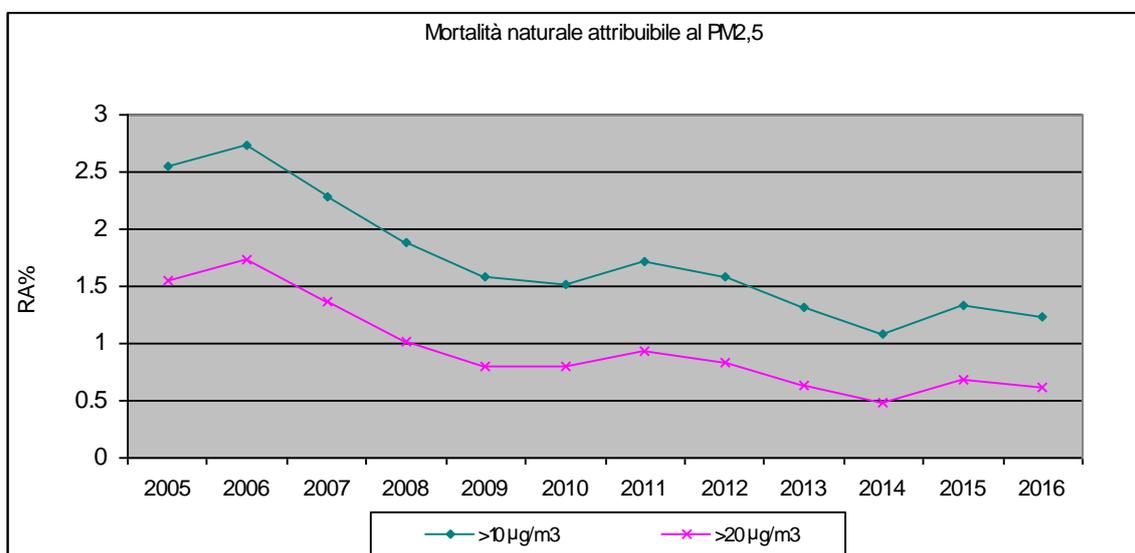
Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM₁₀, il RA% presenta un complessivo decremento, statisticamente significativo, con una rapida riduzione nei primi anni seguita da un decremento del RA % più lento. L'andamento dell'impatto riflette quello delle concentrazioni.



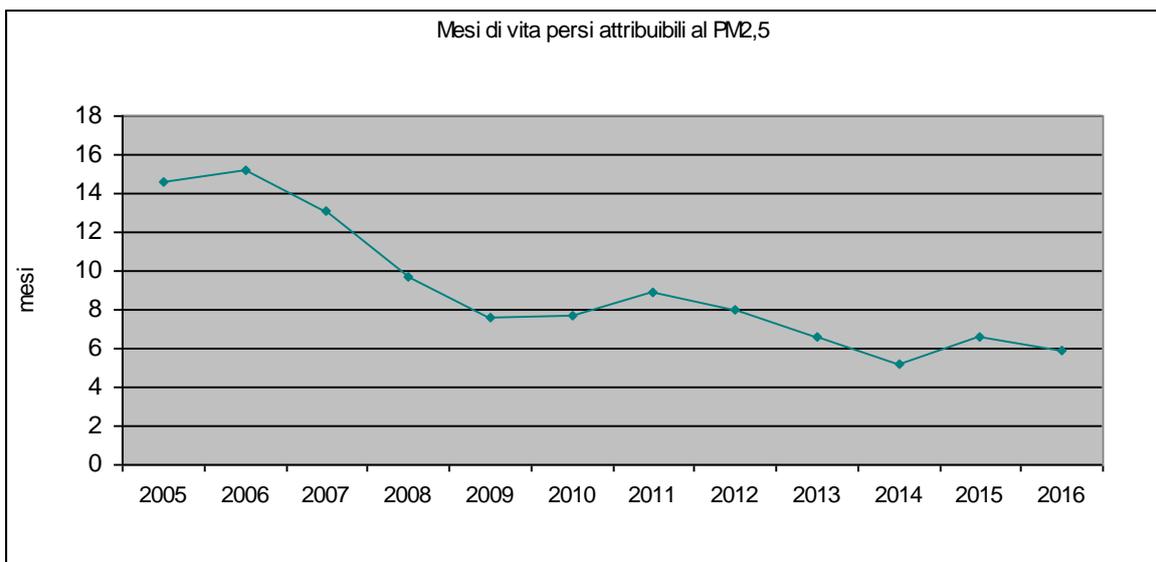
I dati sulle concentrazioni del PM_{2,5} disponibili a partire dal 2005 mostrano complessivamente un trend significativo (p=0,001) in riduzione con il valore più basso nel 2014.



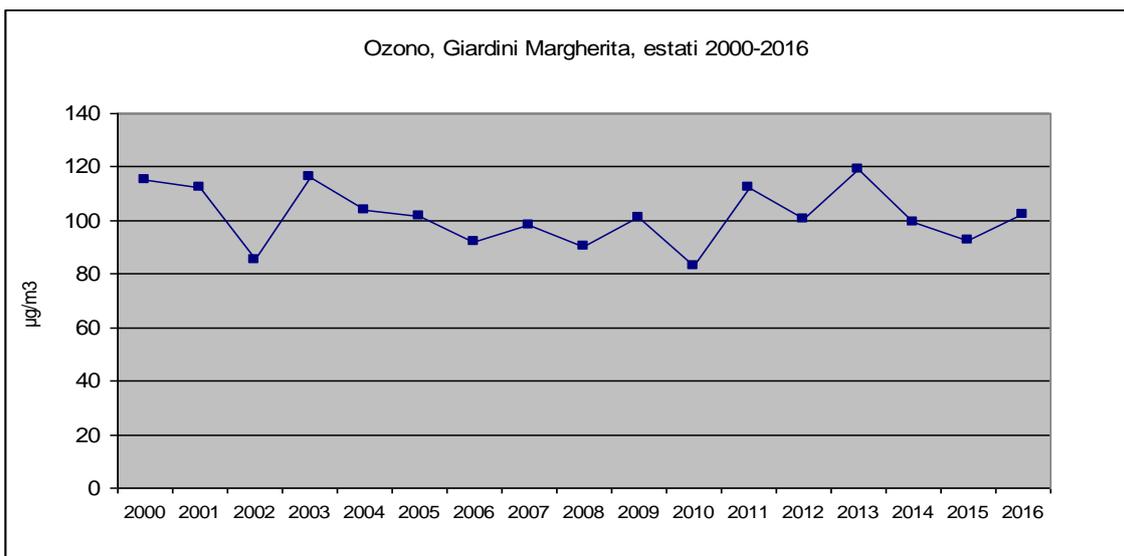
La mortalità attribuibile segue, conseguentemente un andamento simile.



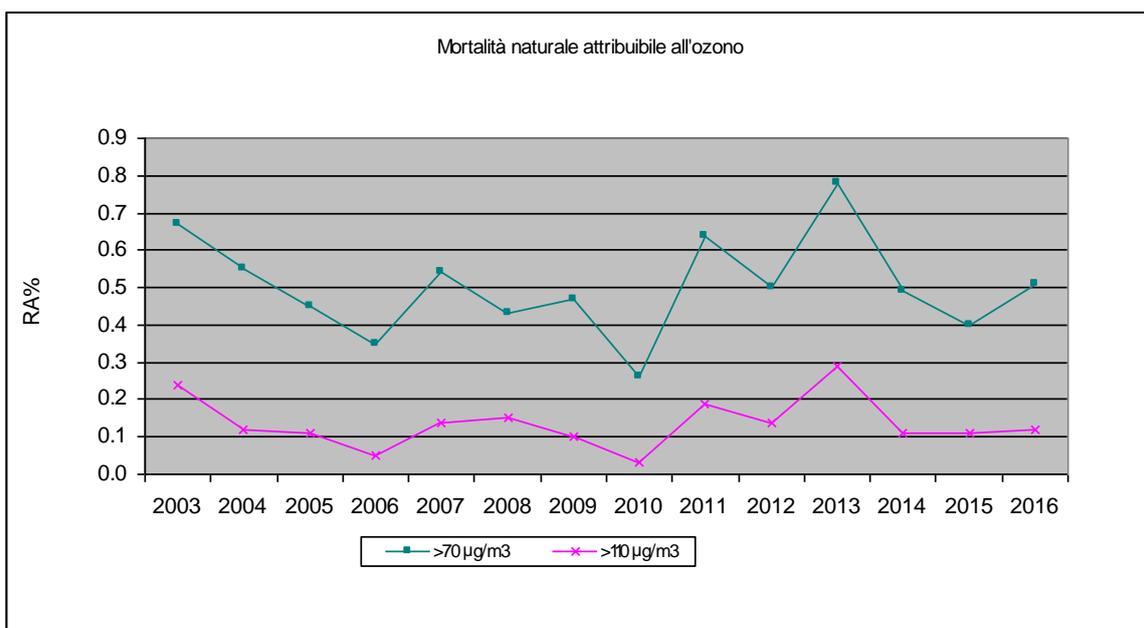
Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM_{2,5} (concentrazioni di Porta San Felice), si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori intorno ai 6 mesi degli ultimi anni.



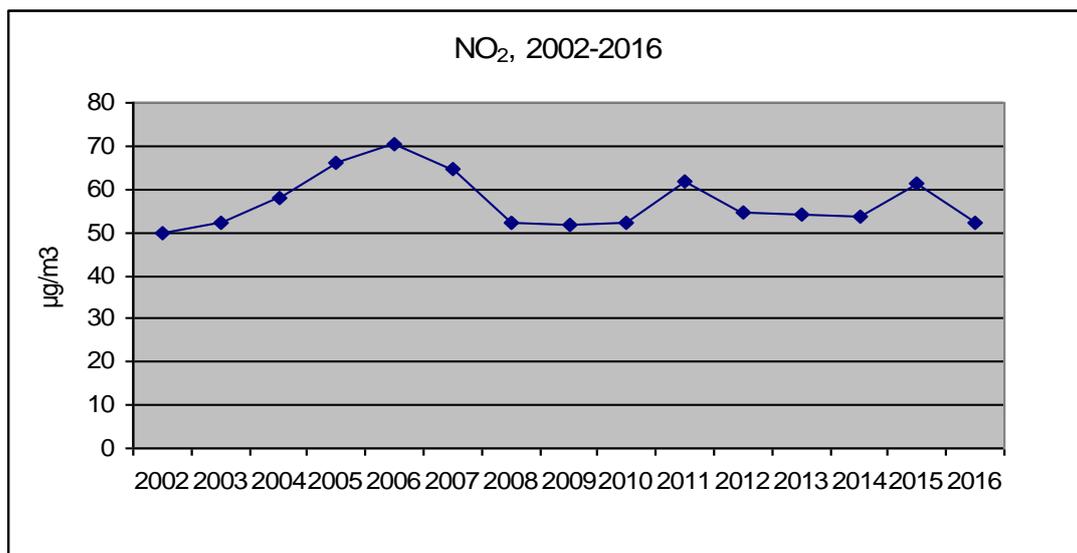
Un confronto storico è possibile con i dati dell’ozono rilevati dalla centralina dei Giardini Margherita. Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2015 non emerge alcun trend significativo di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando l’analisi ai soli dati estivi.



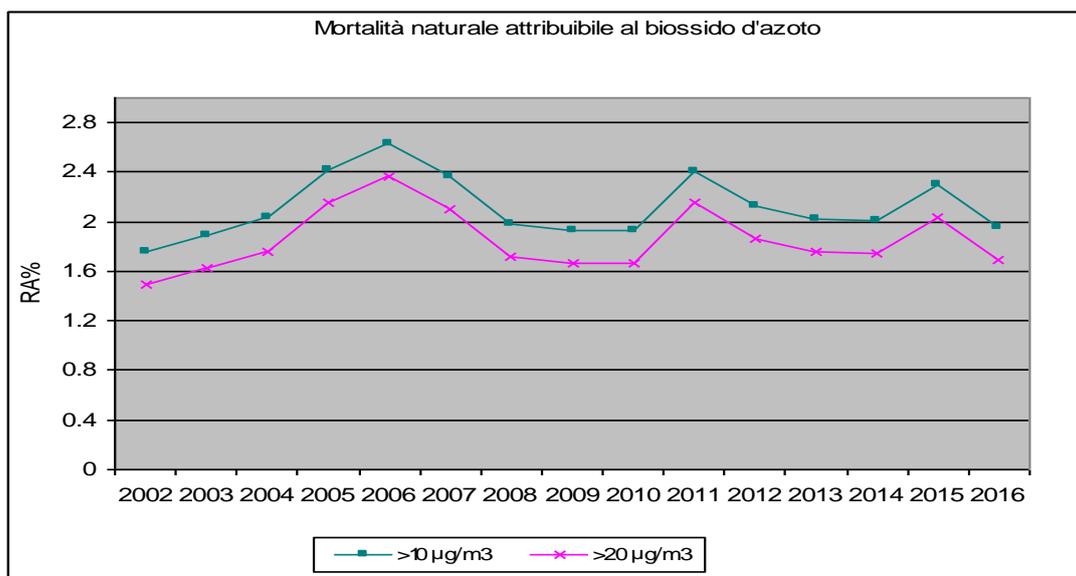
Anche la mortalità generale attribuibile all’ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.



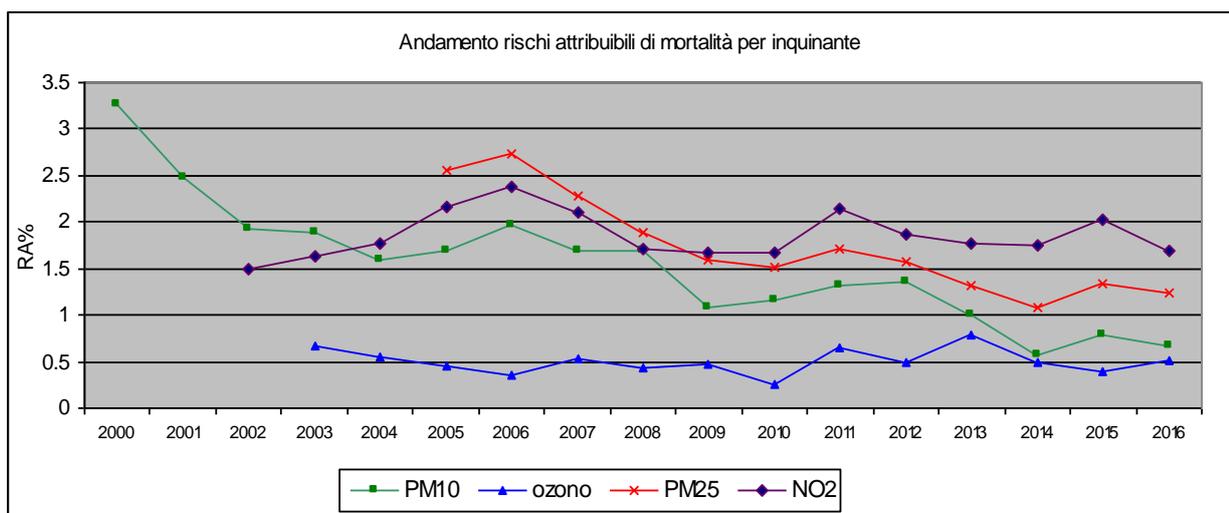
Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO₂ rilevate presso Porta San Felice, la serie storica del periodo 2002-2015 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni con variazione inter annuali.



Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori diminuiti nell'ultimo anno rispetto al 2015.



In conclusione, le concentrazioni medie annuali e l’impatto sanitario hanno un andamento temporale differente a seconda dell’inquinante. Si registra, tuttavia, per tutti gli inquinanti un trend in riduzione o sostanzialmente stabile con variazioni cicliche negli anni. Questo andamento si riflette, sull’andamento dell’impatto sanitario, come evidenziato dal grafico seguente. Limitando invece il confronto agli ultimi due anni, si nota un aumento del rischio attribuibile solo per l’ozono.



7. Inquinamento atmosferico e attività del Dipartimento di Sanità Pubblica

Il Dipartimento di Sanità Pubblica si occupa dei problemi relativi all'inquinamento atmosferico in vari modi. E' chiamato a dare pareri su Valutazioni di Impatto Ambientale, strumenti urbanistici, licenze all'utilizzo di gas tossici, autorizzazioni alle emissioni in atmosfera. E' richiesto il contributo del DSP per l'emanazione di provvedimenti relativi alla messa in sicurezza e ripristino dei siti inquinati e per la partecipazione a Conferenze dei Servizi o a tavoli regionali e/o provinciali sul tema.

Ha partecipato o ha condotto studi quali **EpiAir**⁸. Si tratta di uno Studio multicentrico promosso dal Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie che ha analizzato gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in alcune città italiane (tra cui Bologna) nel periodo 2001-2005. Questo studio è proseguito come EpiAir 2, in continuità con quello precedente nel periodo 2006-2011. In questa seconda fase, è aumentato il numero di centri coinvolti (25) e oltre al PM₁₀, ozono e NO₂, è stato studiato l'effetto del PM_{2,5}, sono stati approfonditi gli aspetti riguardanti la caratterizzazione chimica del particolato rilevato nelle aree urbane ed è stata aggiornata la revisione sui provvedimenti adottati nei principali centri italiani, con la finalità di valutarne l'efficacia. Lo studio si è concluso nel 2013 ed i risultati principali sono disponibili nel sito di Epidemiologia e Prevenzione(<http://www.epiprev.it/pubblicazione/epidemiol-prev-2013-37-4-5>).

E' chiamato a partecipare a "**Indagini su aree critiche**". Sia nella città di Bologna che in altre zone del territorio provinciale esistono delle aree che più di altre, per la presenza di impianti industriali, impianti per lo smaltimento di rifiuti o altre fonti inquinanti (aeroporti, autostrade), possono presentare criticità in ambito ambientale e sanitario. In questi casi l'Azienda USL, anche su indicazione di Arpae, del Comune e di comitati di cittadini, provvede a condurre indagini specifiche sullo stato di salute della popolazione interessata. Spesso oltre alla problematica dell'inquinamento atmosferico è emersa la necessità di affrontare l'impatto sulla salute determinato da cattivi odori o esalazioni provenienti da impianti industriali. In questo senso, insieme ad Arpae ed in accordo con le amministrazioni deputate, si è cercato di individuare localmente le fonti odorigene che rappresentano un potenziale incremento di rischio sanitario.

Inoltre ha partecipato al "**Progetto Supersito**⁴²". Si tratta di un progetto della Regione Emilia Romagna coordinato da Arpae e recentemente terminato che ha visto la collaborazione di enti nazionali e internazionali e di aziende sanitarie della regione (fra cui l'Azienda USL di Bologna). L'obiettivo del progetto è quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali del particolato fine ed ultrafine, nelle componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera, al fine di avviare in Emilia-Romagna un programma sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, fondato sull'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati, da poter utilizzare, non solo per promuovere lo sviluppo di politiche di prevenzione, ma anche per valutare l'efficacia degli interventi preventivi intrapresi, a breve e a lungo termine. Il progetto approfondisce aspetti ancora non sufficientemente esplorati, quali: il contributo delle varie sorgenti emissive, i processi di trasformazione chimici e fisici che avvengono in atmosfera, aspetti tossicologici e di rischio, oltre ad aspetti legati alla salute a breve ed a lungo termine. Alcuni risultati del progetto sono già stati pubblicati e/o presentati e sono disponibili presso il sito: http://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=2129&idlivello=1482; altri sono in corso di ultimazione. In particolare rispetto agli effetti a breve termine l'analisi delle componenti chimiche del particolato ha evidenziato associazioni con i ricoveri per cause respiratorie (carbonio organico OC, NH₄⁺, K⁺, NO₃⁻, SO₄, As, Mn, Pb, K, Sn), mortalità naturale (Ca²⁺, K⁺, Fe) e cardiovascolare (Ca, K, La). Le stime più elevate sono legate a morbidità respiratoria e OC (lag 3: 3,34%, 95% CI:

1,13-5,60) e a mortalità cardiovascolare e K (lag 2: 3,24%, 95%CI: 0,0-6,56). L'analisi di "source apportionment" ha identificato 6 diverse sorgenti (nitrati e solfati secondari, industria, traffico, combustione di oli pesanti e di biomasse), che hanno fornito associazioni significative con i ricoveri respiratori (nitrati, industria, traffico, biomasse) e la mortalità naturale (traffico e biomasse). Per la frazione dimensionale si evidenzia un segnale, seppur debole, di coerenza fra capacità di penetrazione delle particelle e i relativi esiti di salute⁴³⁻⁴⁴.

8. Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali riportata da Arpa nel suo rapporto sulla Provincia di Bologna¹³ evidenzia che:

- il 2016 è stato caratterizzato da un miglioramento complessivo della qualità dell'aria rispetto all'anno precedente. Tale miglioramento sarebbe attribuibile alle differenti condizioni meteorologiche tra i due anni a confronto. Il 2016 ha infatti avuto meno situazioni favorevoli all'accumulo del materiale particolato in autunno/inverno e alla formazione di ozono nell'estate.
- alcuni valori normativi sono ancora superati seppur meno spesso che nel passato. Sinteticamente, per il PM₁₀, sono stati rispettati i valori limite presso tutte le stazioni di monitoraggio presenti sul territorio della Città Metropolitana. Per quanto riguarda il biossido di azoto, la media annuale supera il valore limite di legge in una centralina (Porta San Felice) mentre sono rispettati gli altri valori (media oraria di 200 µg /m³ e soglia di allarme di 400 µg/m³). Per l'ozono, in tutte le stazioni considerate eccetto Castelluccio, viene superata la soglia di informazione pari a 180 µg/m³ e il valore obiettivo di 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni. I valori normativi del PM_{2,5} non sono invece superati in nessuna centralina.
- un complessivo miglioramento della qualità dell'aria nell'ultimo decennio, rispetto al monossido di carbonio, al biossido di zolfo, al benzene e alle polveri sia a livello della Regione Emilia Romagna che del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Anche in questo caso, a questo andamento hanno contribuito fattori meteorologici ma anche concause di natura antropica quali la crisi economica, con riduzione dei consumi e della produzione, la diffusione di veicoli a basso consumo, minori emissioni da parte degli impianti di riscaldamento che hanno portato ad una riduzione delle emissioni.

Di riflesso, anche l'impatto sanitario presentato in questo rapporto segue un simile andamento con una complessiva riduzione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute. Nello specifico, considerando una serie storica più lunga, si osserva un trend in diminuzione dell'impatto sanitario delle polveri e la sostanziale stabilità dell'andamento dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto (NO₂) e dall'ozono (O₃), pur con oscillazioni interannuali.

Questo rapporto evidenzia che nel Comune e nella Città Metropolitana di Bologna nel 2016 la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti è dell'1% circa o inferiore all'1% mentre l'impatto a lungo termine vede una riduzione della speranza di vita alla nascita di quasi 5 mesi. Quindi, nonostante i miglioramenti nel tempo, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute e la sua riduzione deve rimanere un obiettivo a tutti i livelli istituzionali⁵¹.

Le iniziative per la riduzione dell'inquinamento sono varie, con un numero crescente di studi sulla loro efficacia^{29, 45-46}. Il territorio stesso della Città Metropolitana di Bologna è stato teatro di più interventi sia locali che generali. Oltre agli accordi per il controllo del traffico autoveicolare nei mesi invernali, ci sono stati interventi mirati a ridurre le emissioni in atmosfera (incentivi per l'acquisto e la trasformazione di veicoli più ecocompatibili), a incentivare il trasporto collettivo (car sharing e pooling), l'uso della bicicletta, la pedonabilità, l'aumento delle zone a traffico limitato. Tuttavia questi interventi, il ricambio del parco veicolare ed altri interventi, cui sono attribuibili alcuni dei miglioramenti registrati, non sono stati sufficienti anche per il contesto meteorologico ed orografico della pianura padana. La concentrazione media di fondo delle polveri e dell'ozono nella regione dipende, in parte, dall'inquinamento a grande scala tipico della pianura padana, per cui le

misure di riduzione delle emissioni inquinanti applicate sul territorio possono agire solo in parte, rendendo indispensabile l'adozione di misure coordinate tra le varie regioni⁴⁷⁻⁴⁹.

Nel 2015 il Progetto VIIAS¹¹, realizzato nel quadro delle iniziative del Centro Controllo Malattie (CCM) del Ministero della Salute raccomanda che vengano messi in atto provvedimenti garantendo il dialogo e la sinergia istituzionale a livello nazionale e regionale. Viene sottolineata l'importanza di misure volte a mitigare l'impatto della combustione delle biomasse, di proseguire gli sforzi a favore di una mobilità sostenibile con piani per disincentivare l'uso di veicoli diesel e sottolinea l'importanza del monitoraggio e riduzione delle emissioni del comparto agricolo (ammoniaca) e di interventi di forestazione urbana.

L'Agenzia Europea dell'Ambiente sottolinea anch'essa come le emissioni si siano generalmente ridotte ma che in alcuni settori rimangono alte, come i nitrati dai trasporti stradali, le combustioni di biomassa e carbone e le emissioni di ammoniaca dall'agricoltura rimangano alte⁵⁰.

Intanto la Regione Emilia Romagna, recependo la normativa nazionale, ha adottato nel 2014 un unico Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria⁵¹ per contrastare l'inquinamento atmosferico nel quale individua le misure per il risanamento della qualità dell'aria al fine di ridurre gli inquinanti e rientrare nelle direttive europee attraverso strategie di coordinamento dei vari livelli istituzionali e di integrazione della pianificazione settoriale lavorando infatti in una dimensione di area vasta ed integrata.

9. Breve glossario

Intervallo di Confidenza (IC): esprime l'intervallo di valori entro i quali si stima che cada con una probabilità prescelta (in questo documento pari a 0,95 o in termini percentuali 95%) il valore vero della popolazione. Alla base del calcolo c'è la stima puntuale di un determinato parametro, l'errore standard associato e il modello di distribuzione probabilistico. L'ampiezza dell'intervallo di confidenza dipende dalla numerosità del campione e dall'errore standard.

Rischio attribuibile percentuale nella popolazione: indica quale proporzione di eventi sfavorevoli si potrebbe evitare nell'intera popolazione, rimuovendo completamente da essa l'esposizione al fattore di rischio.

La sua formula è, pertanto: (rischio nella popolazione - rischio nei non esposti) / rischio nella popolazione.

Rischio relativo (RR: relative risk o risk ratio) è il rapporto tra la probabilità che si verifichi un evento (malattia o decesso) in un gruppo di esposti, e la probabilità che si verifichi lo stesso evento in un gruppo di non esposti.

La sua formula è: (rischio negli esposti)/(rischio nei non esposti)

L'esposizione può essere rappresentata da fattori ambientali, socio-demografici (età, residenza, livello socio-economico), interventi sanitari, terapie. Possono essere fattori di rischio o protettivi.

Se $RR = 1$ significa che il rischio che si verifichi l'evento nei 2 gruppi è uguale ossia che l'esposizione non modifica la probabilità che si verifichi l'evento. Se il $RR > 1$ significa che il rischio di evento nel gruppo degli esposti è superiore rispetto al gruppo di controllo. Se il $RR < 1$ significa che il rischio di evento nel gruppo degli esposti è inferiore rispetto al gruppo di controllo.

Speranza di vita: la speranza di vita all'età X rappresenta il numero medio di anni che una persona alla nascita o a una qualsiasi età può aspettarsi di vivere in un determinato anno e territorio, ossia il numero medio di anni vissuti da una generazione fittizia di sopravvissuti a quella età. Viene calcolata sulla base delle cosiddette "tavole di mortalità o sopravvivenza" nell'anno e nel territorio considerato.

Tasso di mortalità: esprime il numero di decessi osservati ogni 100.000 (o altri multipli di 10) residenti in una popolazione, in un dato periodo. Si ottiene come rapporto tra il numero di morti osservati in un arco temporale (nel nostro caso un anno) e la popolazione a rischio nel periodo.

Tasso di ospedalizzazione: esprime il numero di ricoveri osservati ogni 100.000 (o altri multipli di 10) residenti in una popolazione in un dato periodo. Si ottiene come rapporto tra il numero di ricoveri osservati in un arco temporale (nel nostro caso un anno) e la popolazione a rischio nel periodo.

10. Bibliografia

1. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report 2013. WHO Copenhagen, Denmark.
2. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 2014;383(9919):785-95.
3. Moelter A, Simpson A, Berdel D et al. A multi center study of air pollution exposure and childhood asthma prevalence: the ESCAPE project. *Eur Resp J* 2015;45:610-624.
4. Jacquemin B, Siroux V, Sanchez M, et al. Ambient air pollution and adult asthma incidence in six European cohorts (ESCAPE). *Environ Health Perspect* 2015;123(6):613-21.
5. Perez L, Wolf K, Hennig F et al. Air pollution and atherosclerosis: a cross-sectional analysis of four European cohort studies in the ESCAPE study. *Environ Health Perspect* 2015;123:597-605.
6. Beelen R, Hoek G, Raaschou-Nielsen O et al. Natural-cause mortality and long-term exposure to particle components: an analysis of 19 European cohorts within the multi-center ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 2015;123:525-33.
7. Hänninen O, Knol AB, Jantunen M et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect*. 2014;122(5):439-46.
8. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
9. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221 , 2013, Lyon France.
10. WHO Mortality from ambient air pollution. http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden_text/en/
11. Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio. VIIAS. Valutazione Integrata dell'impatto ambientale e sanitario. 2015. www.viias.it
12. International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2016 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2016
13. Arpa Sezione provinciale di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2016. Giugno 2017.
14. Giannini S, Baccini M, Randi G et al. Estimating deaths attributable to airborne particles: sensitivity of the results to different exposure assessment approaches. *Environ Health* 2017 Feb 22;16(1):13.
15. Stivanello E, Girolamini L, Perlangeli V et al. Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2014. Dipartimento di Sanità Pubblica AUSL di Bologna, 2015
16. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health". <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2016/05/new-tool-airq-quantifies-health-impacts-of-air-pollution>
17. WHO Regional Office for Europe. HRAPIE project: recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. 2013 WHO Copenhagen, Denmark.
18. WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level Meeting report, Bonn, May 2014.

19. Eze IC, Hemkens LG, Bucher CH et al. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2015;123:381-389.
20. RespiraMi. Air pollution and our health. Conferenza, Milano 27-28 gennaio 2017
21. Cai Y, Zhang B, Ke W et al. Associations of Short-Term and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollutants With Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hypertension* 2016;68(1):62-70.
22. Sun X, Luo X, Zhao C et al. The association between fine particulate matter exposure during pregnancy and preterm birth: a meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth* 2015;15:300.
23. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med* 2013;1(9):695-704
24. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, et al. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res* 2012;117:100-11.
25. Cesaroni G, Bargagli AM, Renzi M et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of multiple sclerosis International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2016 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2016.
26. Suades-González E, Gascon M, Guxens M et al. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology* 2015;156(10):3473-82.
27. Filippini T, Heck JE, Malagoli C et al. A review and meta-analysis of outdoor air pollution and risk of childhood leukemia. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 2015;33:36-66.
28. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol* 2014;180(1):15-28.
29. Wang L, Zhong B, Vardoulakis S et al. Air Quality Strategies on Public Health and Health Equity in Europe—A Systematic Review *Int J Environ Res Public Health* 2016;13(12):1196.
30. Cassee FR, Héroux ME, Gerlofs-Nijland ME et al. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. *Inhal Toxicol* 2013;25(14):802-12.
31. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015;26:556-564
32. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 2015;123:467-474.
33. Sarnat S E, Winquist A, Schauer JJ et al. Fine Particulate Matter Components and Emergency Department Visits for Cardiovascular and Respiratory Diseases in the St. Louis, Missouri–Illinois, Metropolitan Area. *Environ Health Perspect* 2015;123:437-444.
34. Dai L, Zanobetti A, Koutrakis p et al. Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis. *Environ Health Perspect* 2014;122:837-842.
35. Wolf K, Stafoggia M, Cesaroni G. Long-term exposure to particulate matter constituents and the incidence of coronary events in 11 european cohorts. *Epidemiology* 2015;26:565-574.
36. Chen R, Cai J, Meng X. Ozone and Daily Mortality Rate in 21 Cities of East Asia: How Does Season Modify the Association? *Am J Epidemiol* 2014;180:729-736.
37. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):206-8.

38. Sujaritpong S, Dear K, Cope M et al. Quantifying the health impacts of air pollution under a changing climate-a review of approaches and methodology. *Int J Biometeorol* 2014;58:149-60.
39. Atkinson RW, Mills IC, Walton HA et al. Fine particle components and health--a systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015;25(2):208-14.
40. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>).
41. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
42. Supersito. Qualità dell'aria e salute. <http://www.arpa.emr.it/supersito/index.asp>
43. Giannini S, Ranzi A, Broccoli S et al. Short-term effects of fine particle components on daily mortality and hospitalization in the Emilia-Romagna region: Results from Supersite Project. ISEE 2016 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2016.
44. Ranzi A, Giannini S, Stivanello E et al. Health effects of fine particle sources and dimensional fractions: a 3-year time-series study in an urban area of Northern Italy. ISEE 2016 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2016.
45. Burns J, Boogaard H, Turley R et al. Interventions to reduce ambient particulate matter air pollution and their effect on health (Protocol). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014, Issue 1. Art. No.: CD010919. DOI: 10.1002/14651858.CD010919.
46. Di Lonardo S, Nuvolone D, Forastiere F et al. [Policies for the promotion of sustainable mobility and the reduction of traffic-related air pollution in the cities participating in the EpiAir2 project]. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):242-51.
47. ISPRA. Qualità dell'aria http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0_dell'aria/
48. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2011 report Copenhagen.
49. Liroy PJ, Georgopoulos PG. New Jersey: A Case Study of the Reduction in Urban and Suburban Air Pollution from the 1950s to 2011 *Environ Health Perspect* 2011;119(10):1351-1355.
50. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2016 report Copenhagen.
51. Regione Emilia Romagna. Piano aria - Pair2020. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/pair2020>.