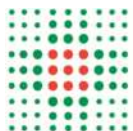


VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA, 2017



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, 2017**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:

Patrizia Biavati , Elisa Stivanello, Vincenza Perlangeli, 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 Arpae, per l'invio periodico dei dati ambientali.

Per informazioni:

patrizia.biavati@ausl.bologna.it

paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

data pubblicazione: novembre 2018

SOMMARIO

Premessa	4
1. Sintesi dei risultati	5
2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico	7
3. Metodi.....	12
4. VIS per la Città Metropolitana di Bologna	15
5. VIS per il Comune di Bologna.....	22
6. Confronto temporale	26
7. Considerazioni	33
8. Breve glossario	35
9. Bibliografia.....	36

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) e nel 2013 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) l'ha classificato come carcinogeno di classe 1⁹. L'OMS ha stimato che nel mondo nel 2016 4,2 milioni di persone sarebbero decedute a causa dell'inquinamento atmosferico¹⁰, e che all'inquinamento atmosferico sono attribuibili il 16% dei decessi per tumore al polmone, il 25% di quelli per BPCO, il 17% per malattie ischemiche cardiache e ictus ed il 26% per infezioni respiratorie. 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. 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 i principali 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 sull'inquinamento atmosferico e la salute umana. Inoltre costituisce uno strumento di supporto nelle decisioni per la tutela della salute dai fattori di rischio ambientali.

L'impatto è stato stimato in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2017 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 (2000-2016). 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 2017. 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 degli inquinanti atmosferici sulla salute:

Evento		N. eventi attribuibili ¹			
		PM ₁₀ media giornaliera >20 µg/m ³	PM _{2,5} >10 µg/m ³	O ₃ >70 µg/m ³	NO ₂ >20 µg/m ³
decessi	tutte le cause naturali	82	146	53	59
	patologie cardiovascolari	23		31	
	patologie respiratorie	13		5	
Ricoveri	patologie respiratorie	102	261	92	180
	patologie cardiovascolari	138	196	180	

Stime d'impatto a lungo termine degli inquinanti atmosferici sulla salute: dall'analisi sugli anni di vita persi alle concentrazioni del PM_{2,5} del 2017, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita viene ridotta di circa 6 mesi.

1.2 Comune di Bologna

Stime d'impatto a breve termine degli inquinanti atmosferici sulla salute:

Evento		N. eventi attribuibili ¹			
		PM ₁₀ >20 µg/m ³	PM _{2,5} >10 µg/m ³	O ₃ >70 µg/m ³	NO ₂ >20 µg/m ³
Decessi	tutte le cause naturali	35	60	24	33
	patologie cardiovascolari	10		14	
	patologie respiratorie	5		2	
Ricoveri	patologie respiratorie	42	103	41	106
	patologie cardiovascolari	58	79	84	

Stime d'impatto a lungo termine degli inquinanti atmosferici sulla salute: alle concentrazioni del PM_{2,5} del 2017, l'aspettativa di vita alla nascita viene ridotta di 6 mesi.

1.3 Serie temporale (2000-2017)

Confrontando i dati sulla mortalità generale attribuibile agli effetti a breve termine del PM₁₀ dal 2000 al 2017, 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 conclusive

L'analisi dei dati ambientali del 2017 evidenzia che la qualità dell'aria rispetto al decennio precedente è migliorata soprattutto per le polveri e per il biossido d'azoto che, nel 2017 raggiunge la concentrazione media annuale più bassa dal 2002. Mentre per l'ozono non si registrano miglioramenti e per di più la tendenza degli ultimi 2 anni è verso l'aumento delle concentrazioni medie annue.

¹ I decessi ed i ricoveri attribuibili ad un inquinante non sono da sommare a quelli attribuibili ad un altro inquinante.

Tuttavia, nonostante i miglioramenti della maggior parte degli inquinanti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute. Rimangono quindi necessari interventi strutturali in una dimensione integrata da parte di tutta l'area vasta visto anche il contesto orografico e meteorologico della Pianura Padana.

2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM10, PM2,5, 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 2017 erano operative le seguenti centraline¹³:

Rete centraline Arpae, Città Metropolitana, 2017		Inquinanti			
		PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Bologna	Giardini Margherita	•	•*	•	•
	Porta San Felice	•	•*		•
	Chiarini	•		•	•
San Lazzaro - Poggi		•			•
Molinella - S.Pietro Capofiume		•	•*	•	•
Imola – De Amicis		•			•
Porretta Terme – Castelluccio		•	•	•	•

• per impatto a breve termine; *per impatto a lungo termine;

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 di Bologna, si considera la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle 3 centraline del Comune (Giardini Margherita, Porta San Felice e Chiarini). 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.

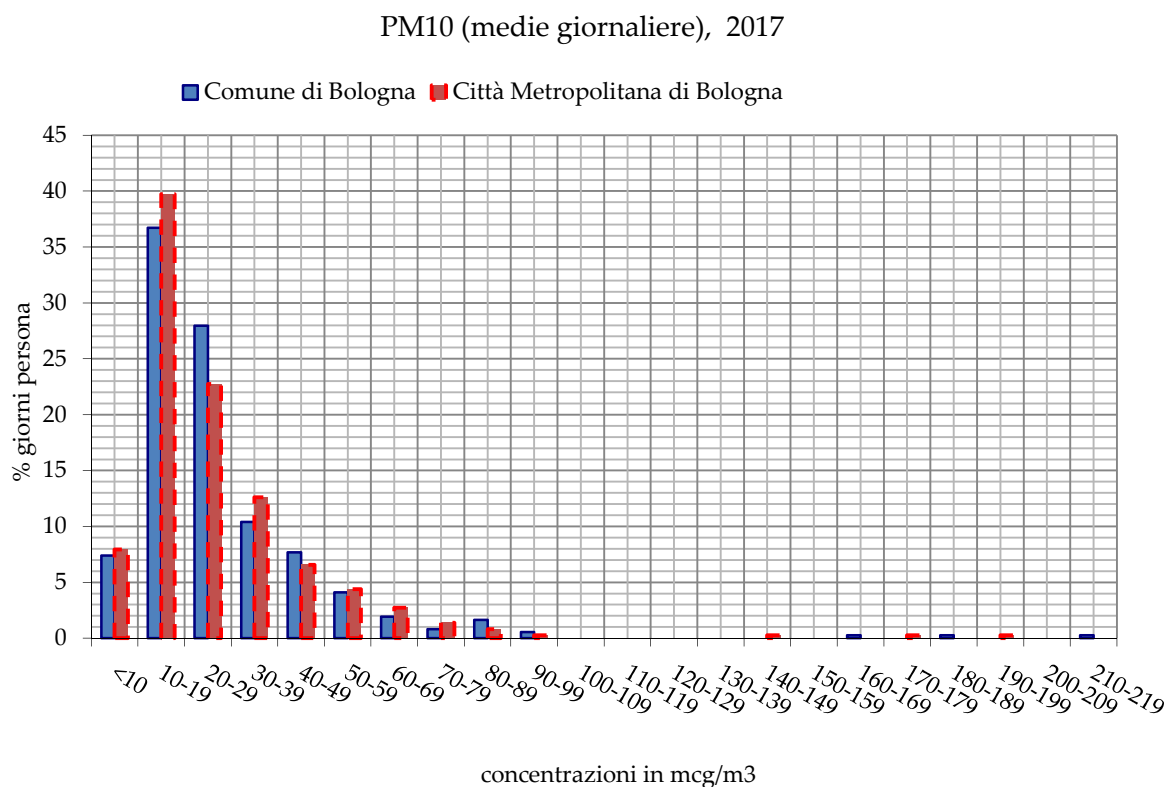
PM₁₀

Tabella 1. Statistiche riepilogative del PM₁₀ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017

	PM ₁₀			
	N. dati validi	Media annua	Massima annua	Giorni >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Città Metropolitana di Bologna	365	26,9	195	38
Comune di Bologna	365	27,2	217	36

Dal grafico 1 si evince che nel 2017, il PM₁₀ è risultato inferiore ai 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 44% dei giorni, per il Comune di Bologna e, nel 48% dei giorni, per la città Metropolitana). Le concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ più frequentemente registrate sia nella Città Metropolitana che nel Comune di Bologna vanno da 10 a 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 1. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM₁₀, Città Metropolitana e Comune di Bologna, 2017.



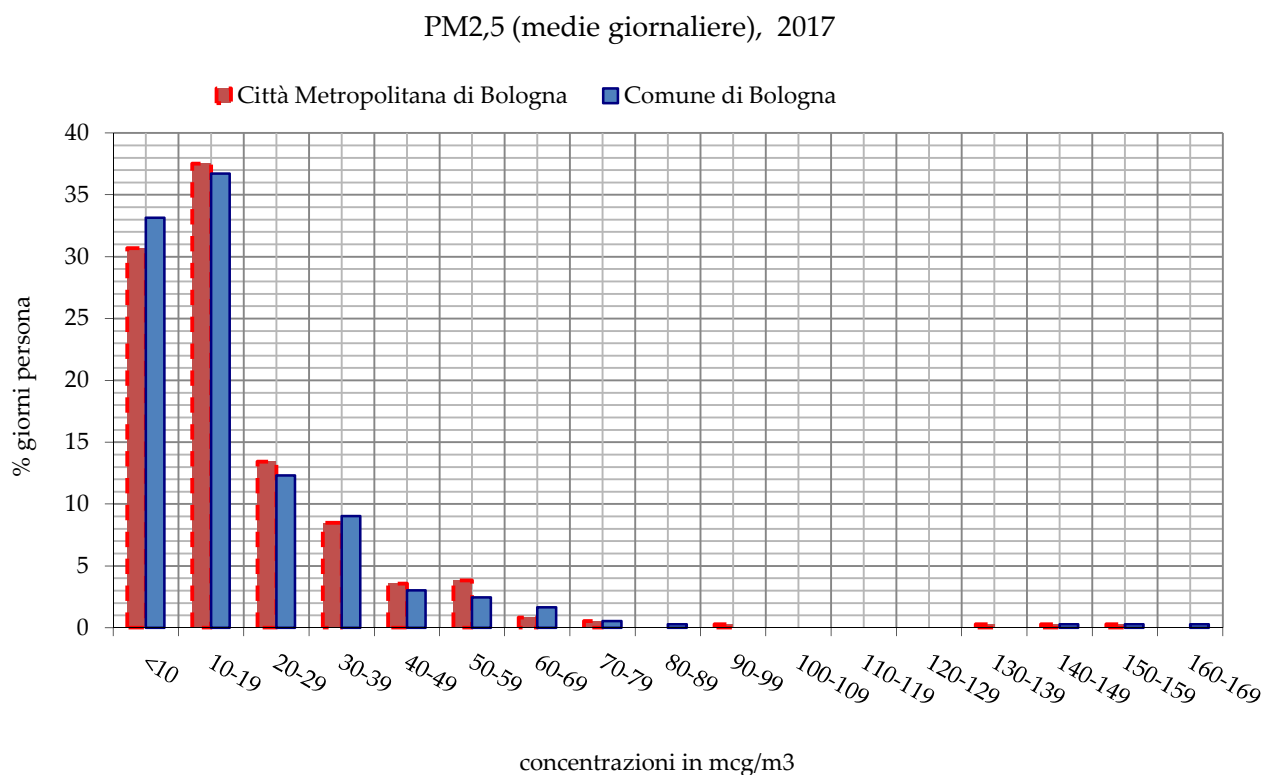
PM_{2,5}

Tabella 2. Statistiche riepilogative del PM_{2,5} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017

	PM _{2,5}		
	N. dati validi	Media annua	Massima annua
Città Metropolitana di Bologna	365	19,3	154,3
Comune di Bologna	365	19,1	167,5

Dal grafico 2 si evince che nel 2017, le concentrazioni medie giornaliere di $PM_{2,5}$ più frequentemente registrate, sia nella Città Metropolitana (37,5%) che nel Comune di Bologna (36,7%), vanno da 10 a 19 $\mu g/m^3$. Infine il $PM_{2,5}$ è risultato inferiore ai 10 $\mu g/m^3$ nel 33% dei giorni per il Comune di Bologna e nel 31% dei giorni per la città Metropolitana).

Grafico 2. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di $PM_{2,5}$, Città Metropolitana e Comune di Bologna, 2017.



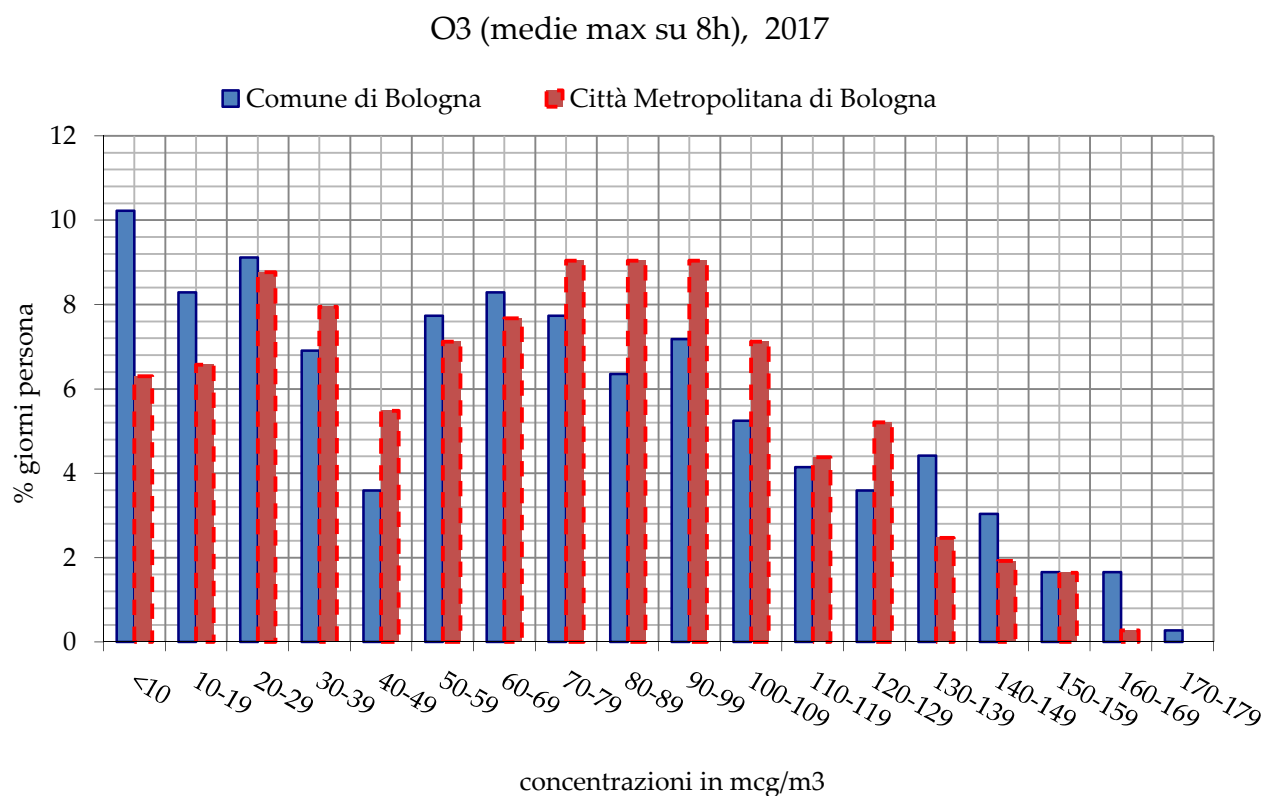
O₃

Tabella 3. Statistiche riepilogative dell'Ozono in $\mu g/m^3$, 2017

	Ozono			
	N. giorni validi	Media annua	Max annua media 8 h	Giorni con media max 8h>120 $\mu g/m^3$
Città Metropolitana di Bologna	365 (verificare)	43,6	164,8	42
Comune di Bologna	362 (verificare)	44,5	184,4	55

La percentuale di giorni di esposizione della popolazione della Città Metropolitana e del Comune di Bologna, alle diverse fasce di valori di O_3 , segue un andamento multimodale, diverso quindi da quello degli altri inquinanti (Grafico 3). Nel 2017 l'OZONO è risultato inferiore ai 70 $\mu g/m^3$ per il Comune di Bologna e per la Città Metropolitana rispettivamente nel 54% e nel 50% dei giorni dell'anno.

Grafico 3. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di ozono, Città Metropolitana E Comune di Bologna, 2017.



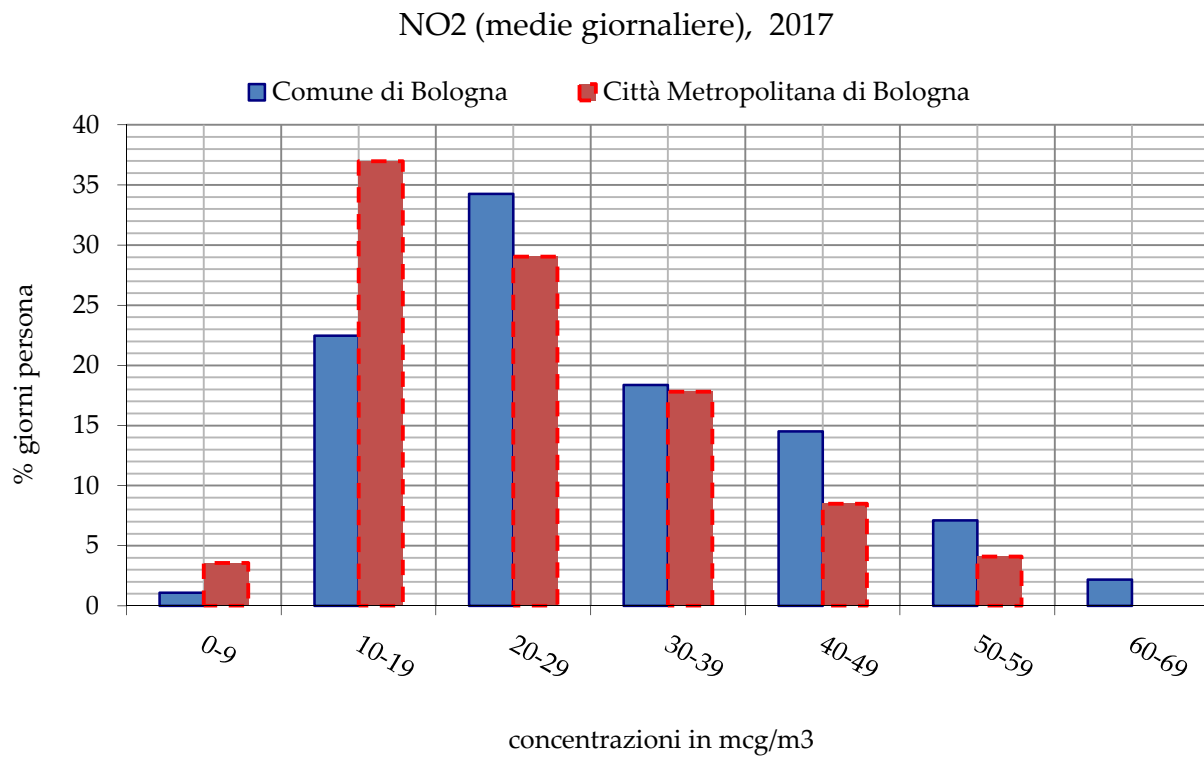
NO₂

Tabella 4. Statistiche riepilogative del biossido di azoto in µg/m³, 2017

	NO ₂		
	N. giorni validi	Media annua	Massima oraria
Città Metropolitana di Bologna	365	25,5	82,2
Comune di Bologna	365	30,2	94,7

Nel grafico 4 si osserva che nel 2017, le concentrazioni medie giornaliere di biossido di azoto cui è esposta più frequentemente la popolazione della Città Metropolitana (37%) vanno da 10 a 19 µg/m³ mentre quella del Comune di Bologna (33,7%) vanno da 20 a 29 µg/m³. Infine il biossido di azoto è risultato inferiore ai 20 µg/m³ per il Comune di Bologna e per la Città Metropolitana rispettivamente nel 22,7% e nel 40,3% dei giorni dell'anno.

Grafico 4. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di biossido di azoto, Città Metropolitana e Comune di Bologna, 2017.



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 2017 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 del 2015¹⁵.

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.

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	Unità di misura ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Esito/Impatto	Codici ICD X/ ICD IX	Fonte	RR (IC95%) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₁₀	media giornaliera	Mortalità naturale	<S00	AirQ ^s	1,0074 (1,0062-1,0086)
		Mortalità respiratoria	J00-J99	AirQ ^s	1,012 (1,008-1,037)
		Mortalità cardiovascolare	I20-I67 e G45	AirQ ^s	1,008 (1,005-1,018)
		Ricoveri cause respiratorie	460-519	AirQ ^s	1,008 (1,0048-1,0112)
		Ricoveri cause cardiovascolari	410-436	AirQ ^s	1,009 (1,006-1,013)
PM _{2,5}	media giornaliera	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)
O ₃	media giornaliera max su 8 h	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)
		Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE ⁹	1,0044 (1,0007-1,0083)
NO ₂	media giornaliera max su 1 h	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0027 (1,0016-1,0038)
		Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE ⁹	1,0180 (1,0115-1,0245)

RR utilizzati per la valutazione di impatto a lungo termine:

Inquinante	Unità di misura ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Esito/Impatto	Codici ICD X	Fonte	RR (IC95%) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2,5}	media annuale	Mortalità naturale (nella popolazione >30 anni)	<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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell'OMS (in grassetto quelli di riferimento)¹⁷.

Inquinante	Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

3.4 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} compresa la demenza, neuropsichiatrici come l'autismo e altri tumori¹²⁻²⁷, le cui associazioni con l'inquinamento atmosferico sono emerse in studi recenti²⁹ o gli effetti sulle categorie più vulnerabili²⁰⁻²⁹ e sui soggetti di basso livello socioeconomico³⁰. 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 2017 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 casa³¹⁻⁴⁰. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati.

4. VIS per la Città Metropolitana di Bologna

4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario avere a disposizione i tassi grezzi degli effetti da misurare, utilizzando la popolazione media residente⁴¹ nel 2017:

Popolazione ²	1/1/2017	1/1/2018	media nel 2017
Tutte le età	1.010.417	1.013.155	1.011.786
Età >30 anni	747.555	748.110	747.833

Nel 2017 i residenti morti⁴² in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi (rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo) per 100.000, per le cause considerate sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso mortalità x 100.000
Mortalità naturale (ICD X< 500) - tutte le età	11251	1111,99
età>30 anni	11220	1500,34
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	3932	388,62
(ICD X I20-I67 e G45)	2970	293,54
Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J00-J99)	1092	107,93

Il numero totale di ricoveri ed il tasso grezzo di ospedalizzazione per 100.000 che si osserva tra i residenti nella Città Metropolitana in strutture sanitarie dello stesso territorio, dopo aver escluso i ricoveri in regime di Day Hospital, sono:

Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	12554	1240,78
(ICD IX 390-459)	20444	2020,59
(ICD IX 410-436)	15545	1536,39
malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	12997	1284,56

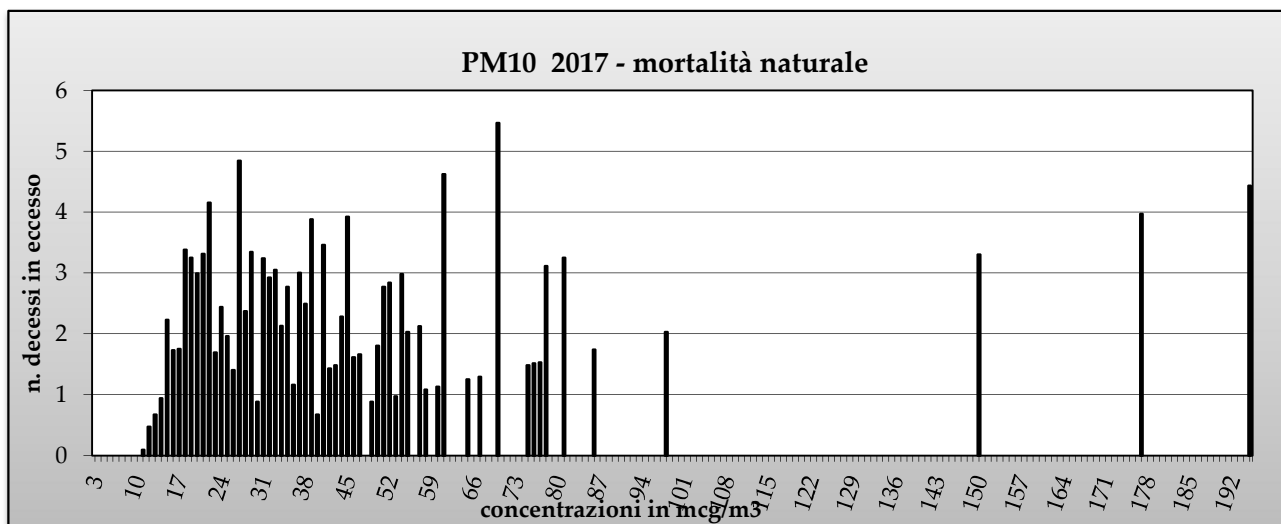
² Dato aggiornato al 31/05/2018

4.2 Impatto a breve termine del **PM₁₀**

Nel 2017 nella Città Metropolitana di Bologna, alla soglia di 20 µg/m³, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM₁₀ è pari a 82 (IC95% 69-95), corrispondente ad un RA% dello 0,73. Il numero di morti in eccesso attribuibili al PM₁₀ diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione: tanto più alta è la soglia considerata "accettabile" tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento. A tutte le soglie il maggiore RA% è osservato per la mortalità per cause respiratorie (1,19% alla soglia di 20 µg/m³).

Città Metropolitana, 2017	Valore limite di PM10 (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%)	31(26-36)	82 (69-95)	143 (119-166)
RA% (IC95%)	0,27 (0,23-0,32)	0,73 (0,61-0,85)	1,27 (1,06-1,47)
Mortalità cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	9 (5-20)	23(15-53)	41 (25-92)
RA% (IC95%)	0,3 (0,18-0,68)	0,79 (0,49-1,79)	1,37 (0,86-3,08)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	5 (3-16)	13 (9-41)	22 (15-69)
RA% (IC95%)	0,45 (0,3-1,47)	1,19 (0,79-3,75)	2,05 (1,37-6,33)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 143 morti in eccesso alla soglia di 10 µg/m³. Il 60% (n=86) dei morti in eccesso avviene ad esposizioni inferiori a 50 µg/m³, le concentrazioni che più frequentemente si presentano durante l'anno.



A tutte le soglie il PM₁₀ ha un impatto lievemente maggiore sui ricoveri per patologie cardiovascolari rispetto a quelle respiratorie. Alla soglia di 20 µg/m³ sono 138 i ricoveri per cause cardiovascolari attribuibili al PM₁₀, pari ad un RA% dello 0,89.

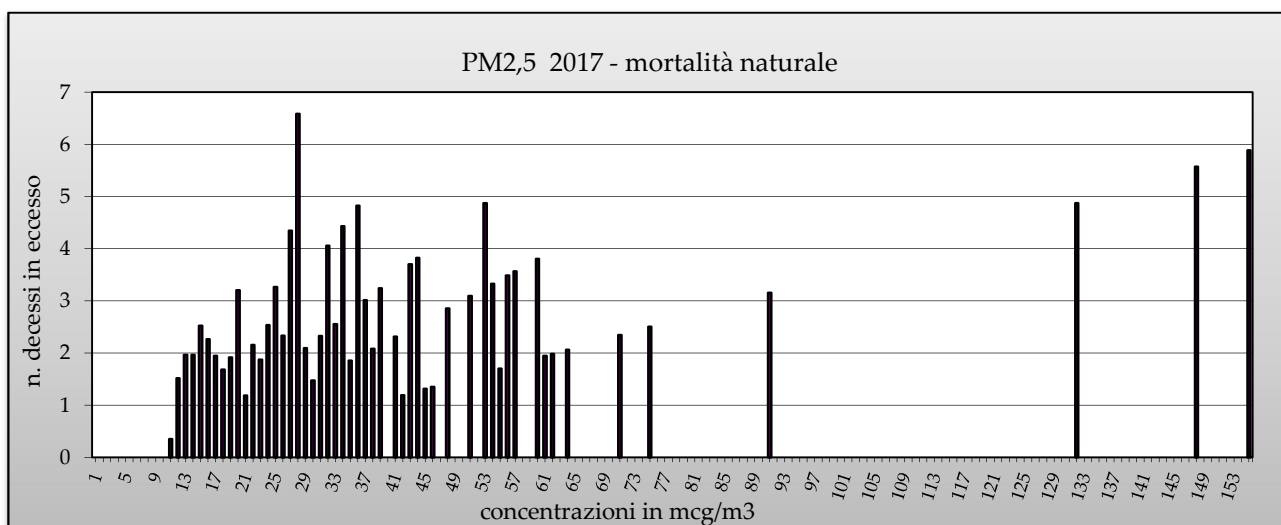
Città Metropolitana, 2017	Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	39 (23-54)	102 (61-144)	178 (107-249)
RA% (IC95%)	0,3 (0,18-0,42)	0,79 (0,47-1,11)	1,37 (0,82-1,92)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	52 (34-76)	138 (92-200)	240 (160-346)
RA% (IC95%)	0,33 (0,22-0,49)	0,89 (0,59-1,29)	1,54 (1,03-2,23)

4.3 Impatto a breve termine del **PM_{2,5}**

Alla soglia di 10 µg/m³, il numero di morti attribuibili al PM_{2,5} è di 146, corrispondente all'1,3% di tutti i decessi per cause naturali.

Città Metropolitana, 2017	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%)	83 (30-137)	146 (53-240)
RA% (IC 95%)	0,74 (0,27-1,21)	1,3% (0,47-2,13)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 146 morti in eccesso alla soglia di PM_{2,5} maggiore di 10 µg/m³. La maggior parte (60%) dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 40 µg/m³ di PM_{2,5}.



A parità di soglia, il PM_{2,5}, al contrario di ciò che avviene per il PM₁₀, ha un impatto decisamente maggiore sui ricoveri per patologie respiratorie rispetto a quelle cardiovascolari. Alla soglia di 10 µg/m³ sono 261 i ricoveri per cause respiratorie attribuibili al PM_{2,5}, pari ad un RA% del 2,01.

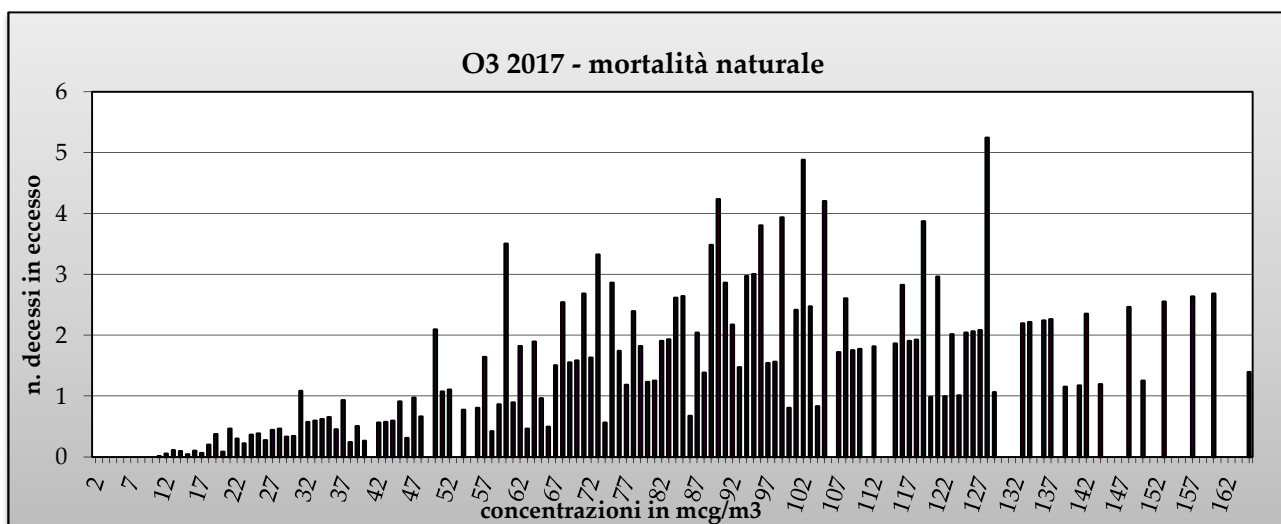
Città Metropolitana, 2017	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)	
	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	149 (0-323)	261 (0-559)
RA % (IC95%)	1,15 (0-2,49)	2,01 (0-4,3)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N ricoveri (IC 95%)	111 (21-204)	196 (37-359)
RA % (IC95%)	0,54 (0,1-1)	0,96 (0,18-1,76)

4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m³ di ozono si evidenzia il RA% dello 0,47% per la mortalità naturale, dello 0,79% e dello 0,47% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

Città Metropolitana, 2017	Valore limite di ozono (µg/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 (5-16)	53 (25-78)	192 (93-283)
RA% (IC 95%)	0,09 (0,05-0,14)	0,47 (0,23-0,69)	1,7 (0,83-2,52)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	6 (2-11)	31 (8-54)	113 (30-194)
RA% (IC95%)	0,16 (0,04-0,28)	0,79 (0,21-1,37)	2,87 (0,77-4,93)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	1 (0-2)	5 (0-12)	19 (0-45)
RA% (IC95%)	0,09 (0-0,23)	0,47 (0-1,13)	1,7 (0-4,08)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 192 morti in eccesso alla soglia di O₃ maggiore di 10 µg/m³. 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 92 per le patologie respiratorie e 180 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,71 e l'1,44% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

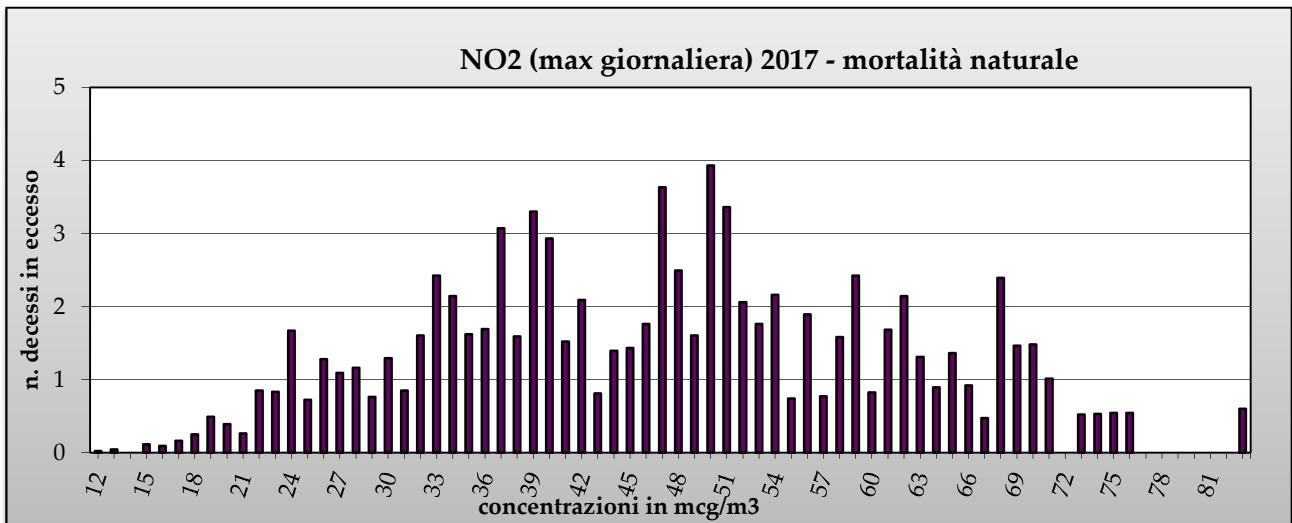
Città Metropolitana, 2017	Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
N ricoveri (IC 95%)	19 (3-35)	92 (15-174)	335 (54-626)
RA% (IC95%)	0,14 (0,02-0,27)	0,71(0,11-1,34)	2,58 (0,41-4,82)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	36 (20-52)	180 (101-258)	648 (367-917)
RA% (IC95%)	0,29 (0,16-0,41)	1,44 (0,81-2,05)	5,16 (2,92-7,3)

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 59 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 180.

Città Metropolitana, 2017	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%)	59 (35-83)	89 (53-125)
RA% (IC 95%)	0,53 (0,31-0,74)	0,79 (0,47-1,11)
Ricoveri per patologie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	180 (115-244)	364 (234-492)
RA% (IC 95%)	1,38 (0,88-1,88)	2,8 (1,8--3.79)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti gli 89 morti in eccesso alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I decessi in eccesso attribuibili al biossido di azoto sono distribuiti in un range di concentrazioni molto ampio.



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 2017. 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	84,45	0,51 (0,33 _ 0,67)	0,60
5	79,58	0,51 (0,33 _ 0,67)	0,64
10	74,59	0,51 (0,33 _ 0,67)	0,68
20	64,64	0,5 (0,33 _ 0,67)	0,77
30	54,71	0,5 (0,33 _ 0,66)	0,91
50	35,08	0,48 (0,32 _ 0,64)	1,37
65	21,45	0,43 (0,28 _ 0,57)	2,00
80	9,91	0,32 (0,21 _ 0,43)	3,23
100	2,29	0,14 (0,09 _ 0,19)	6,11

Un bambino nato nel 2017 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di più di 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,51 (IC 95% 0,33-0,67) anni (sei mesi) vengono persi con livelli di PM_{2,5} pari a quelli del 2017. 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, 1,37% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e arriva a valori oltre il 3% dopo gli 80 anni.

Nel 2017 la popolazione di tutte le età della Città Metropolitana ha perduto circa 311 anni di vita a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5}. La popolazione di età inferiore ai 65 anni ha perso circa 24 anni .

Anni di vita persi nel corso del 2017 (IC al 95 %)	
Tutte le età	310.79 (204.64 _ 408.20)
0-65 anni	23.78 (15.66 _ 31.24)

5. VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione⁴¹, necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione ³	Al 1/01/2017	Al 1/1/2018	media nel 2017
Tutte le età	388.367	389.261	388.814
Età >30	291.627	291.520	291.574

Il numero di residenti, morti⁴² 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	4613	1186,43
- >30 anni	4600	1577,65
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1573	404,56
(ICD X I20-I67, G45)	1215	312,49
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	438	112,65

Il numero di residenti del Comune di Bologna ricoverati in regime ordinario nel 2017 sono:

Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	5173	1330,46
(ICD IX 390-459)	8336	2143,96
(ICD IX 410-436)	6236	1603,85
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	5156	1326,08

5.2 Impatto a breve termine del **PM₁₀**

A Bologna, si stimano 35 decessi (IC 95% 29-41) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM₁₀, corrispondenti allo 0,76% dei decessi per tutte le cause naturali, se consideriamo 20 µg/m³ come soglia di "non effetto".

Comune di Bologna, 2017	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%)	14 (11-16)	35 (29-41)	60 (50-70)
RA% (IC95%)	0,3 (0,25-0,35)	0,76 (0,63-0,88)	1,3 (1,09-1,51)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	4 (2-9)	10 (6-23)	17 (11-38)
RA% (IC95%)	0,32 (0,2-0,74)	0,82 (0,51-1,87)	1,4 (0,88--3,98)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	2 (1-7)	5 (4-17)	9 (6-29)
RA% (IC95%)	0,49 (0,32-1,61)	1,24 (0,82-3,93)	2,11 (1,4-6,51)

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

³ Dato aggiornato al 31/05/2018

Comune di Bologna, 2017	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%)	17 (10-23)	42 (25-59)	72 (43-101)
RA% (IC95%)	0,32 (0,19-0,45)	0,82 (0,49-1,15)	1,4 (0,84-1,97)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	23 (15-33)	58 (38-84)	99 (66-142)
RA% (IC95%)	0,36 (0,24-0,53)	0,92 (0,61--1,34)	1,58 (1,05-2,28)

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 60.

Comune di Bologna, 2017	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%)	34 (12-56)	60 (22-98)
RA%(IC 95%)	0,73 (0,26-1,21)	1,29 (0,47-2,12)

Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM_{2,5} sono attribuibili il 2% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,95% di quelli per cause cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2017	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%)	59 (0-128)	103 (0-222)
RA%(IC 95%)	1,14 (0-2,48)	2 (0-4,3)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N ricoveri (IC 95%)	45 (8-83)	79 (15-146)
RA%(IC 95%)	0,54 (0,1-0,99)	0,95 (0,18-1,75)

5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel Comune di Bologna, sono attribuibili 24 morti in eccesso, ossia lo 0,53% della mortalità.

Comune di Bologna, 2017	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%)	7 (3-10)	24 (12-36)	78 (38-116)
RA% (IC 95%)	0,15 (0,07-0,22)	0,53 (0,25-0,78)	1,7 (0,82-2,51)
Mortalità Cardiovascolare			
N decessi (IC 95%)	4 (1-7)	14 (4-24)	45 (12-77)
RA% (IC 95%)	0,25 (0,07-0,44)	0,89 (0,24-1,55)	2,86 (0,76-4,92)
Mortalità Respiratoria			
N decessi (IC 95%)	1 (0-2)	2(0-6)	7 (0-18)
RA% (IC 95%)	0,15(0-0,36)	0,53 (0-1,28)	1,7 (0-4,07)

Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le stime dei RA% raggiungono l'1,62% per le malattie cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2017	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%)	12 (2-22)	41 (7-78)	132 (21-248)
RA% (IC95%)	0,23 (0,04-0,43)	0,8(0,13-1,51)	2,57 (0,41-4,81)
Ricoveri per malattie cardiovascolari			
N ricoveri (IC 95%)	24 (13-34)	84 (47-120)	267 (151-378)
RA% (IC95%)	0,46 (0,26-0,66)	1,62 (0,91-2,32)	5,15 (2,91-7,3)

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 33 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 106.

Comune di Bologna, 2017	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%)	33 (19-46)	45 (27-63)
RA% (IC 95%)	0,71 (0,42-0,99)	0,97 (0,58-1,37)
Ricoveri per malattie respiratorie		
N ricoveri (IC 95%)	106 (68-144)	186 (120-251)
RA% (IC 95%)	2,06 (1,32-2,79)	3,61 (2,32-4,87)

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 2017, 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	84,63	0,5	(0,32 _ 0,66)	0,59
5	79,81	0,5	(0,32 _ 0,66)	0,63
10	74,83	0,5	(0,32 _ 0,66)	0,67
20	64,91	0,5	(0,32 _ 0,66)	0,77
30	54,95	0,5	(0,32 _ 0,66)	0,91
50	35,32	0,48	(0,31 _ 0,64)	1,36
65	21,75	0,43	(0,28 _ 0,57)	1,98
80	10,18	0,32	(0,21 _ 0,43)	3,14
100	2,04	0,14	(0,09 _ 0,19)	6,86

Si desume che un bambino nato nel 2017 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 0,5 (IC 95% 0,32-0,66) anni, ossia 6 mesi, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2017.

Nel Comune di Bologna nell’anno 2017 la somma degli anni di vita persi è di 126:

Anni di vita persi nel corso del 2017 (IC al 95 %)			
Tutte le età	126.00	(82.95 _ 165.50)
0-65 anni	8.74	(5.75 _ 11.48)

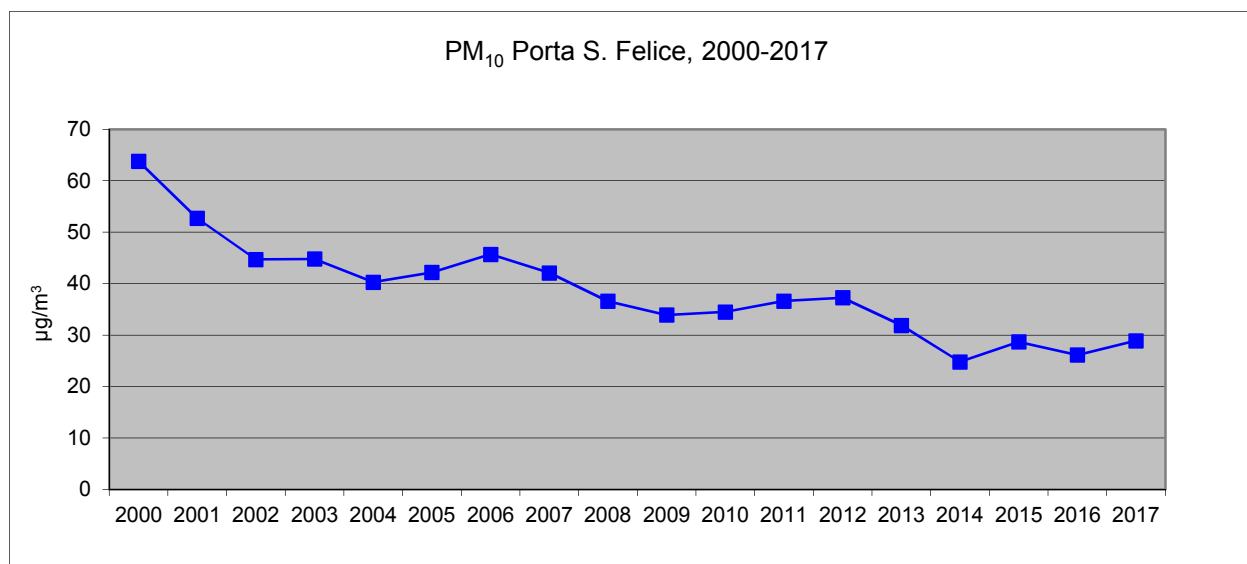
6. Confronto temporale

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

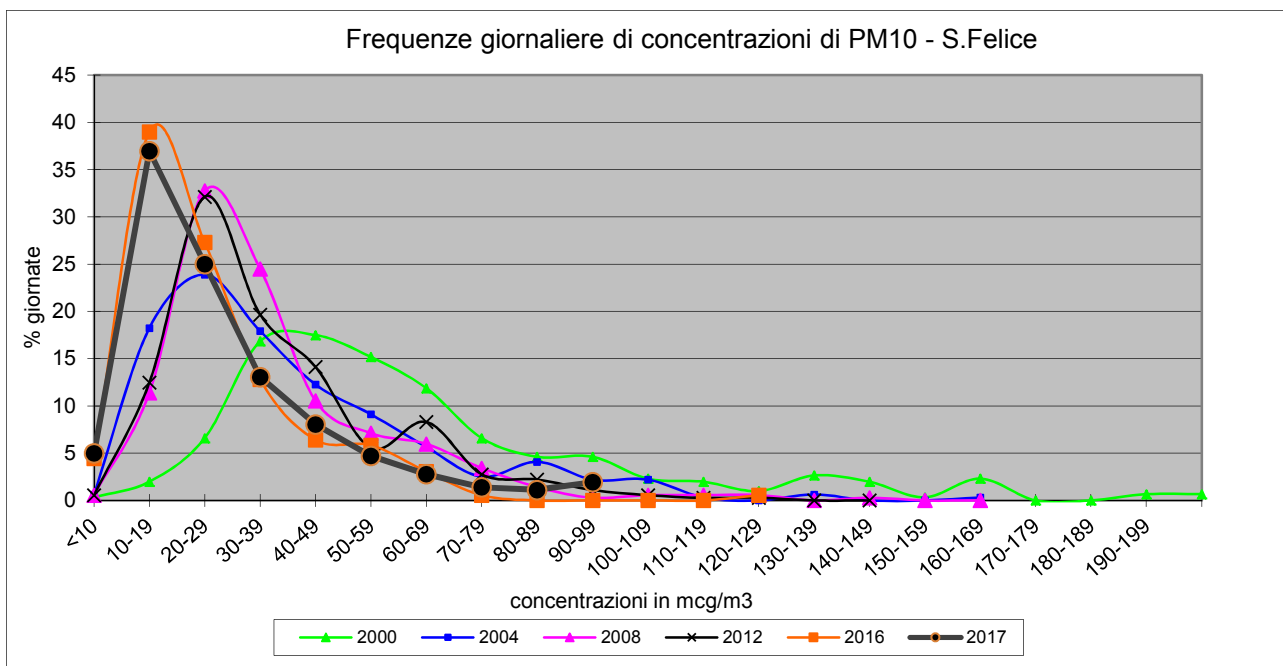
Per quanto riguarda i livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici ed i loro effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 per il PM₁₀, dal 2005 per il PM_{2,5} e dal 2002 per l'NO₂ mentre per l'O₃ sono stati utilizzati i dati della centralina dei Giardini Margherita di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2003.

PM₁₀

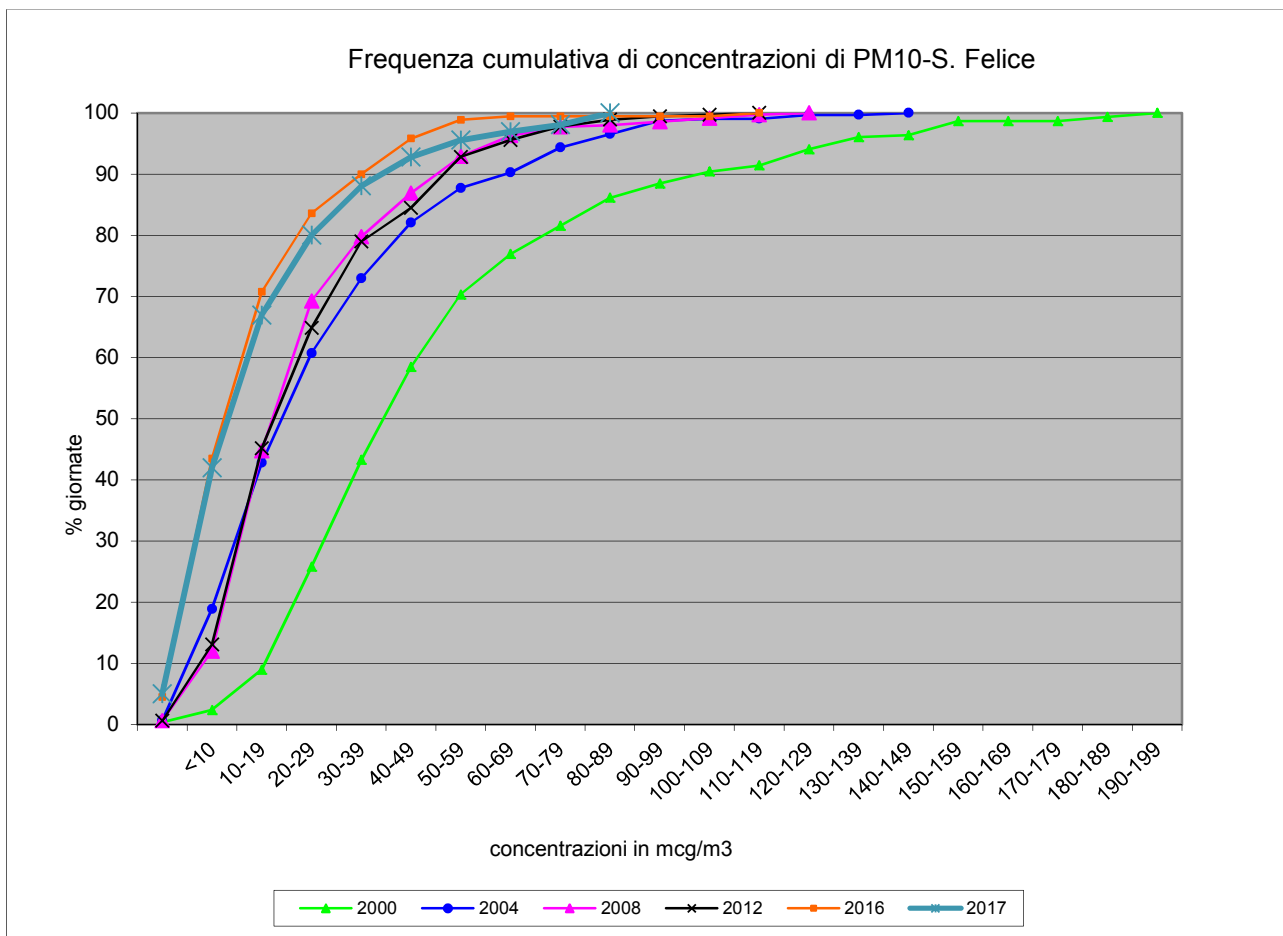
Nel periodo 2000-2017, come si vede nel grafico, le concentrazioni di PM₁₀ evidenziano un trend in diminuzione (-1,65 µg/m³ all'anno) altamente significativo (p<0,001) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.



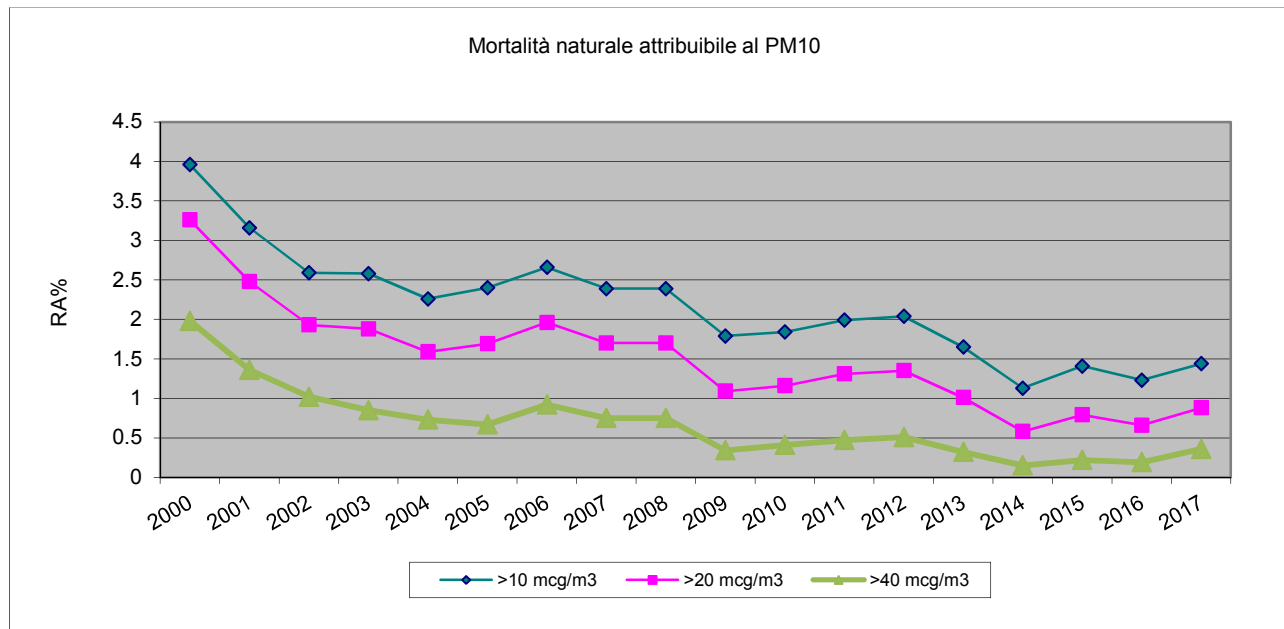
Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni giornaliere, suddivise in classi quadriennali (2000-2003, 2004-2007, 2008-2011, 2012-2016), si può vedere che le curve negli anni si tendono a spostarsi nella parte sinistra del grafico, cioè verso i livelli di concentrazione più bassi, con una minore dispersione verso i valori più elevati. Nel 2017 la distribuzione delle concentrazioni giornaliere del PM₁₀ ricalca l'andamento dell'ultimo quadriennio 2013-2016.



Complessivamente nel 2017 il numero di giornate con valori inferiori a 50 µg/m³ raggiunge l'88.1%, nel 2000 queste costituivano il 50%.

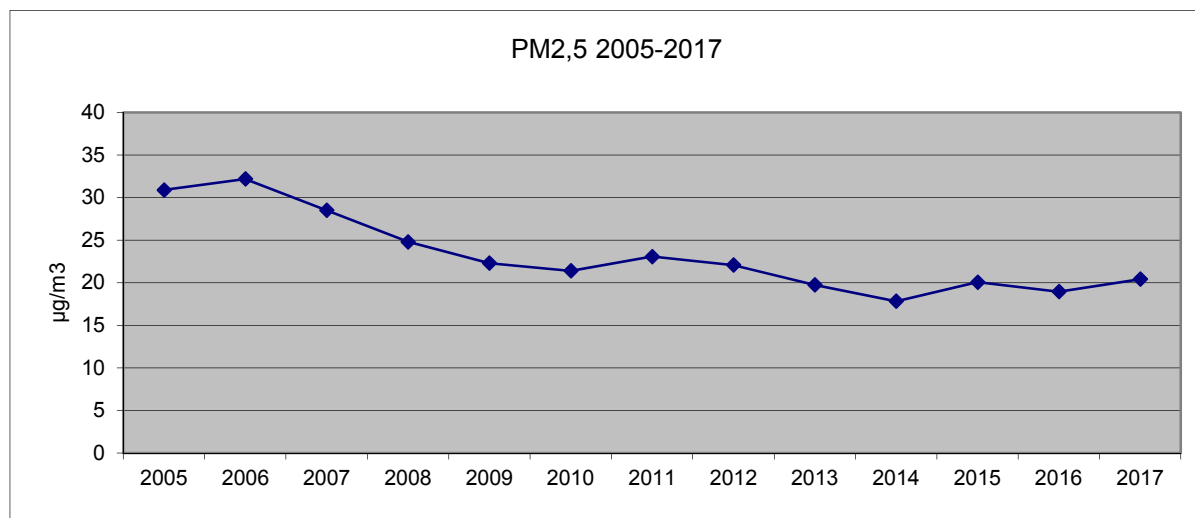


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM₁₀, il RA% presenta un complessivo decremento statisticamente significativo ($p < 0.001$) con una rapida riduzione nei primi anni seguita da un decremento del RA% più lento. L'andamento dell'impatto sulla mortalità riflette quello delle concentrazioni. Nel periodo considerato, come si vede nel grafico, è presente un trend significativamente ($p < 0,001$) in diminuzione con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.

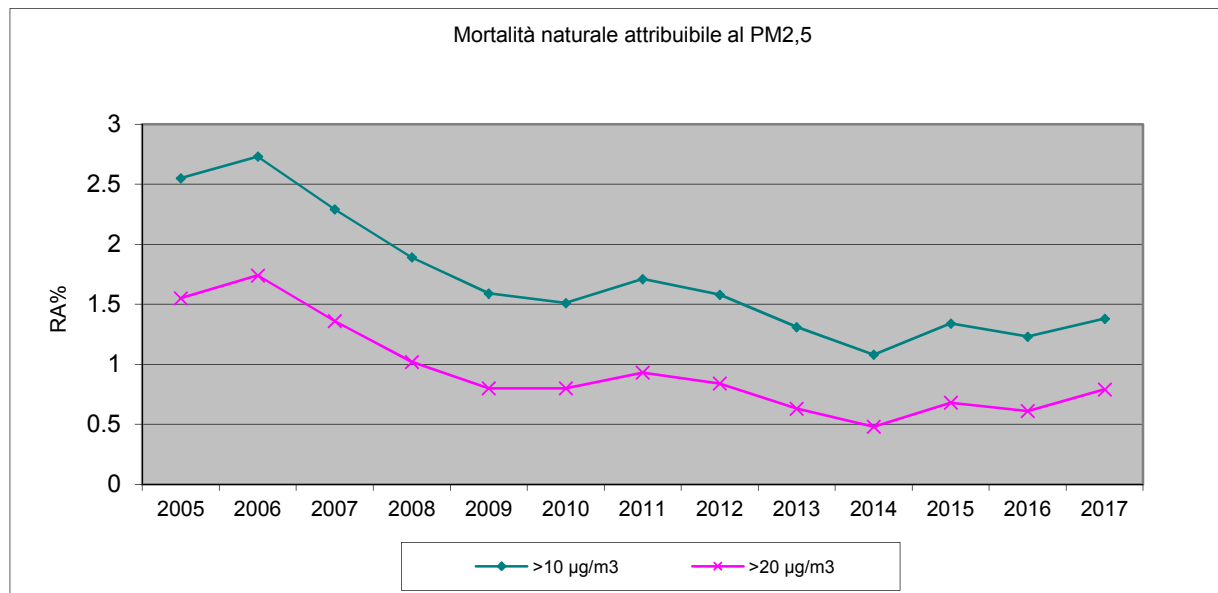


PM_{2,5}

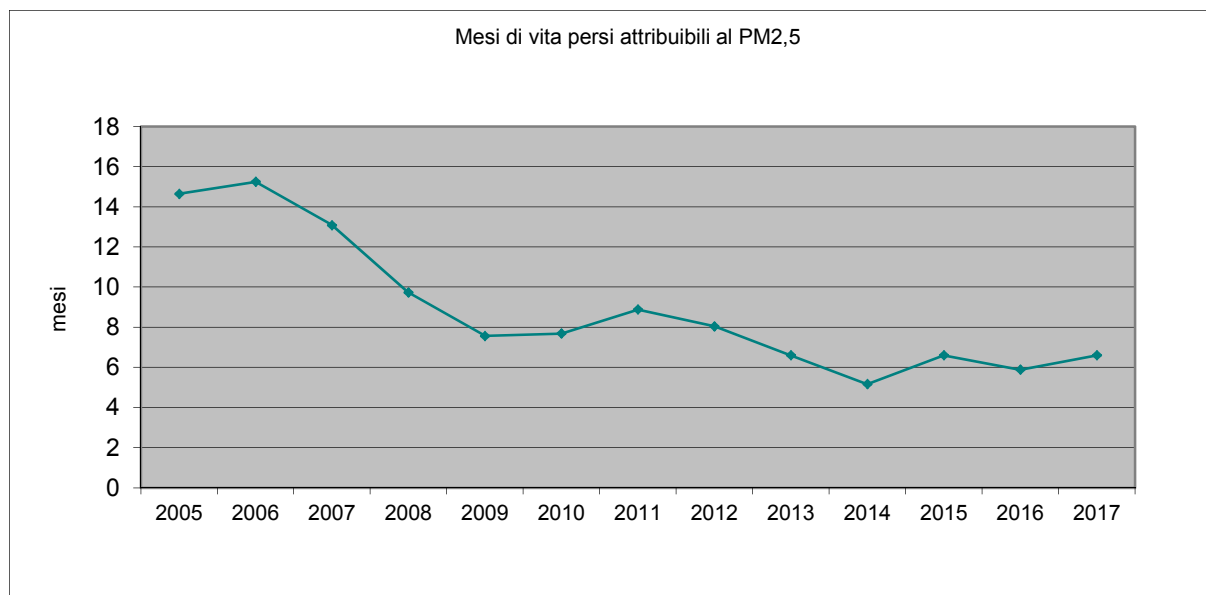
Nel periodo 2005-2017 le concentrazioni del PM_{2,5} mostrano complessivamente un trend significativo ($p < .001$) in riduzione con il valore più basso nel 2014.



La mortalità attribuibile segue conseguentemente un andamento simile.

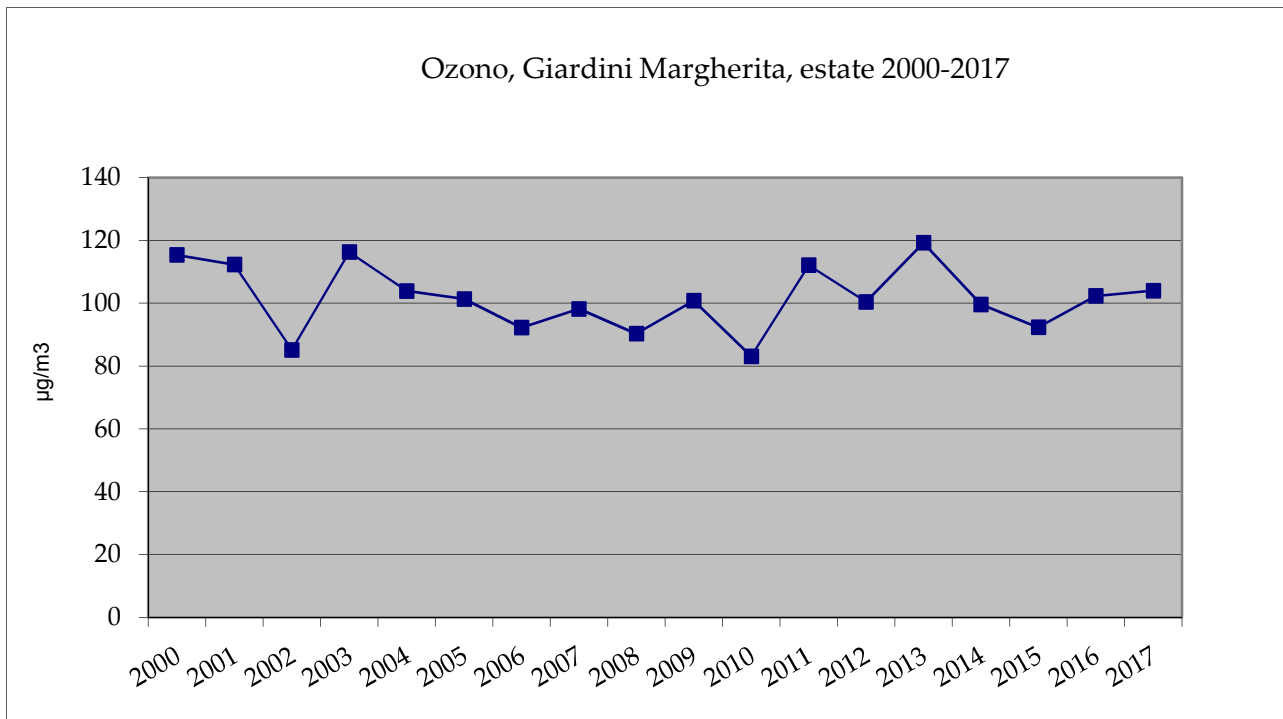


Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM_{2,5} (concentrazioni di Porta San Felice), si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori intorno ai 6 mesi degli ultimi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

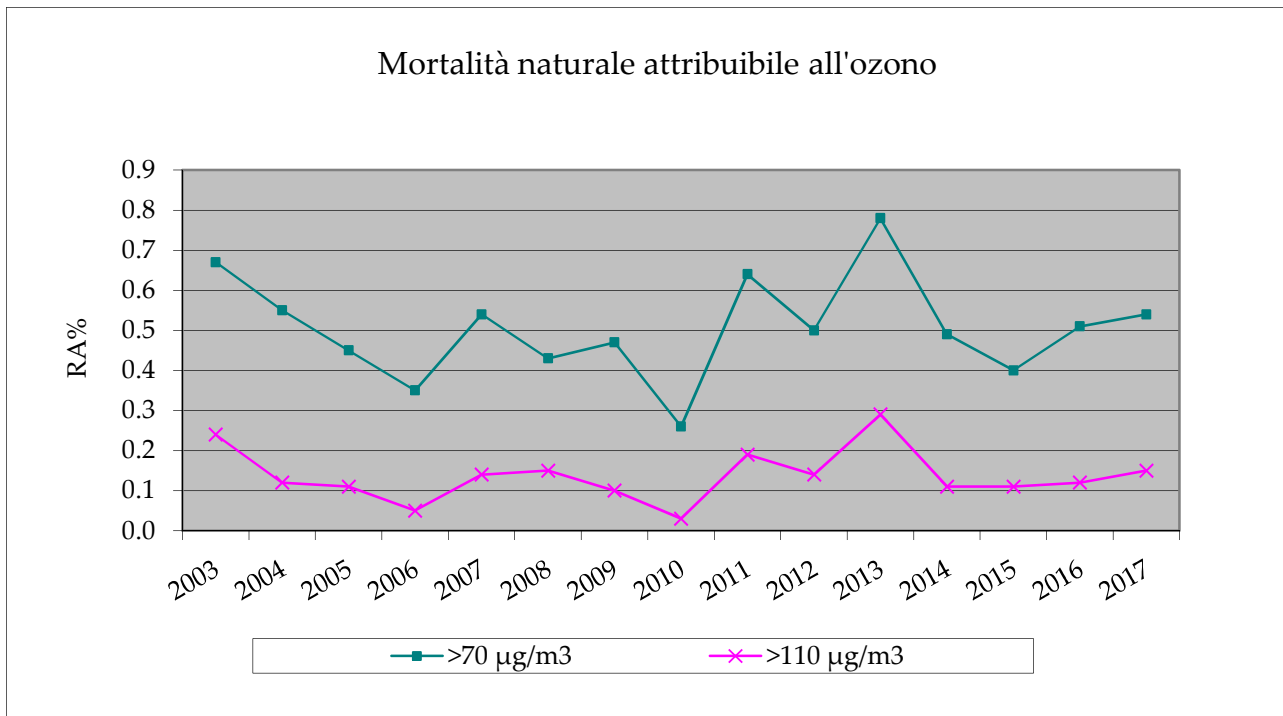


O₃

Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2017 rilevate presso la centralina dei Giardini Margherita 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.

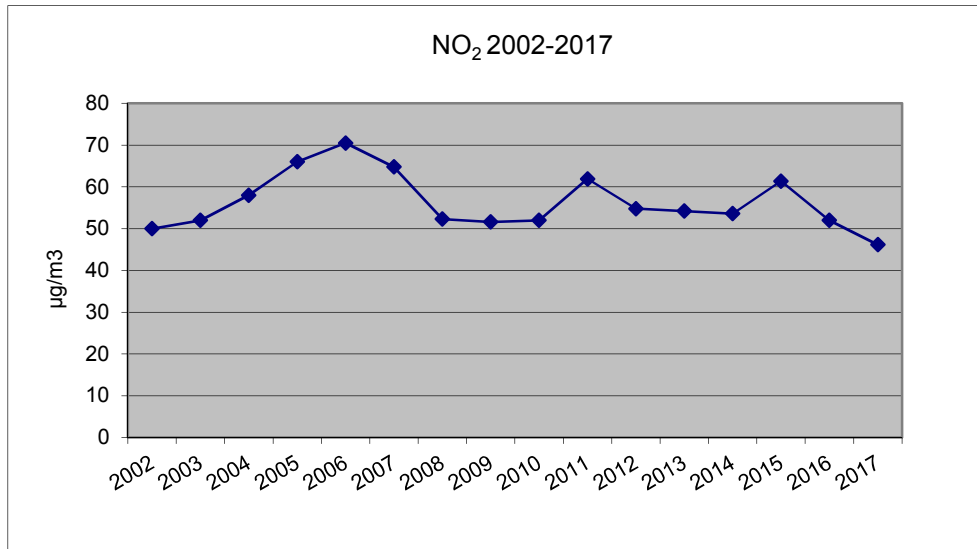


Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.

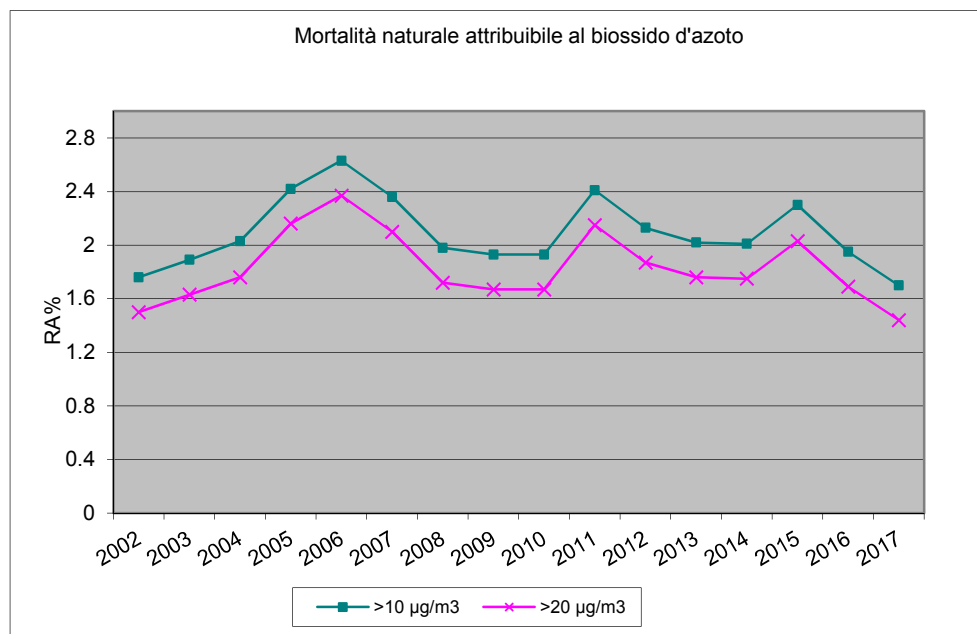


NO₂

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO₂ la serie storica del periodo 2002-2017 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni con variazione inter annuali ed il valore più basso della serie storica si raggiunge nel 2017.

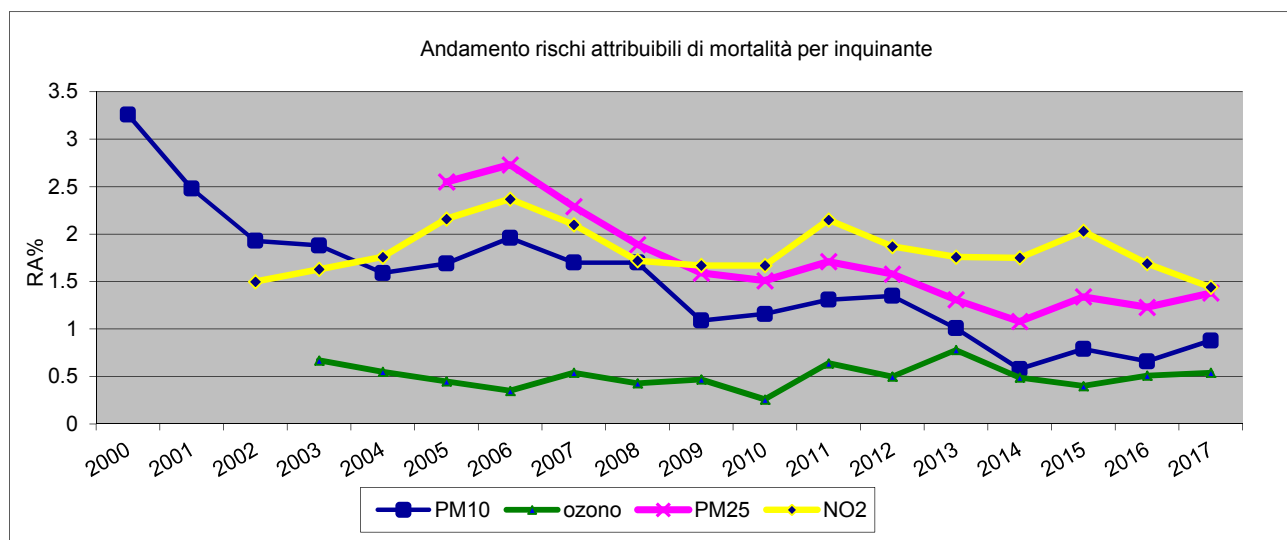
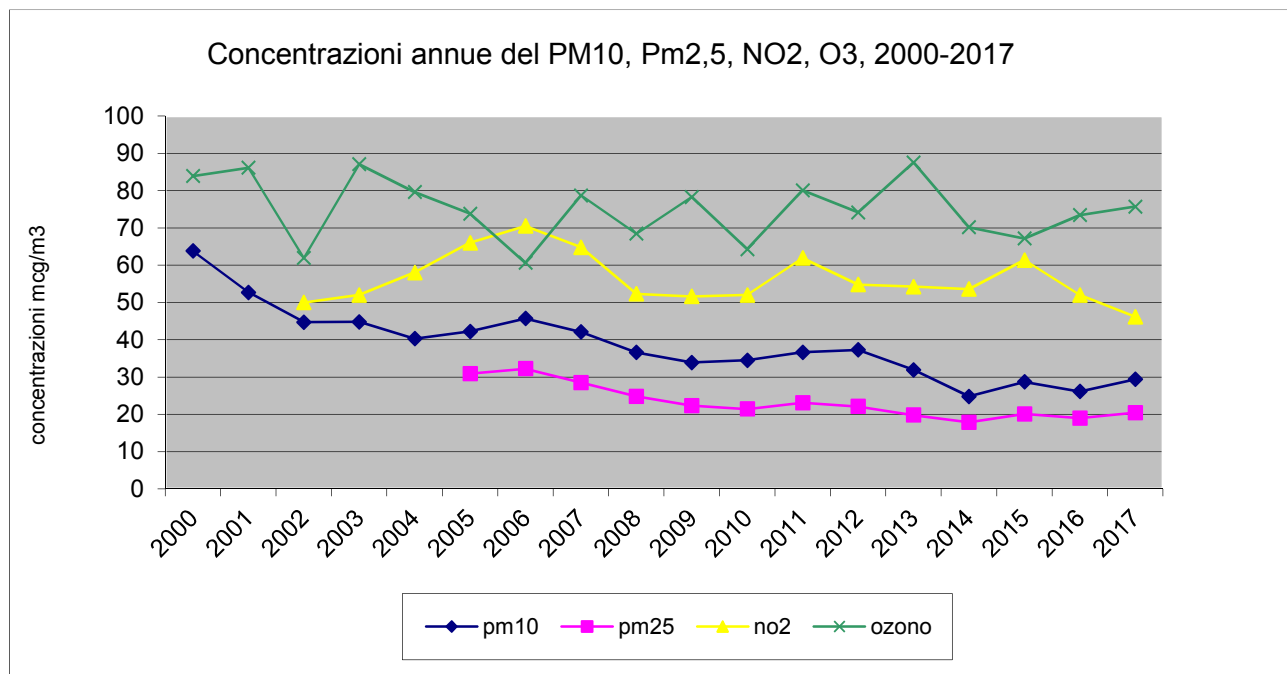


Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori diminuiti negli ultimi 2 anni rispetto al 2015.



PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, NO₂

In conclusione l'andamento temporale delle concentrazioni medie annuali e dell'impatto sanitario variano 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.



7. Considerazioni

I dati sulla qualità dell'aria indicano un complessivo miglioramento della qualità dell'aria rispetto ai primi anni 2000 per il 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. Nello specifico tuttavia, il 2017, come riportato da Arpae nel suo rapporto sulla Provincia di Bologna¹³ ha registrato, invece un lieve peggioramento dei livelli di inquinamento atmosferico rispetto agli ultimi anni. Infatti torna a salire dopo un triennio, il numero di superamenti del limite giornaliero di PM₁₀ che, su tre delle sette stazioni di rilevamento, supera la soglia normativa delle 35 giornate/anno. In aumento anche il valore della media annua pur rimando entro il limite normativo.

Segue questo trend di incremento dei livelli rilevati anche il PM_{2,5} anche se le concentrazioni restano entro il valore di legge. Inoltre peggiorano anche i valori degli indici di qualità legati all'ozono, con superamenti della soglia di informazione verificati tra giugno e agosto nelle stazioni dell'agglomerato.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, migliorano lievemente i suoi valori. 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).

Sostanzialmente stabili infine, rispetto all'anno precedente, le concentrazioni annuali di monossido di carbonio, benzene e dei microinquinanti presenti nel particolato atmosferico (IPA e metalli), tutti ben al di sotto delle soglie normative.

A livello meteorologico nel 2017 ci sono stati più giorni, rispetto al 2016 favorevoli all'accumulo di PM₁₀ e alla formazione di ozono.

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 rispetto ai primi anni 2000. 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 2017 la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti va dallo 0,5% per l'ozono all'1,3% del PM_{2,5} mentre l'impatto a lungo termine vede una riduzione della speranza di vita alla nascita di circa 6 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^{28, -30, 43-44}. 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 regioni⁴⁵⁻⁴⁷.

Nel 2017 è stato approvato il Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria (PAIR2020)⁴⁸ e il Nuovo accordo di programma del bacino padano sottoscritto dalla Regione Emilia-Romagna Piemonte, Veneto e Lombardia per contrastare l'inquinamento atmosferico. In tale sede vengono individuate 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. Alcune azioni riguardano:

- il rinnovo del parco autobus
- la riduzione delle emissioni di ammoniaca derivanti dall'agricoltura, con interventi sui ricoveri degli animali e sui reflui, e di limitazione del contenuto di azoto nei fertilizzanti.
- la riduzione dell'utilizzo dei vecchi caminetti
- la riqualificazione energetica degli edifici pubblici e delle attività produttive; è inoltre prevista la chiusura delle porte degli esercizi commerciali e degli immobili aperti al pubblico per evitare dispersioni di calore o raffrescamento
- la riduzione del traffico nei centri abitati La limitazione alla circolazione di alcune tipologie di veicoli nei centri urbani con più di 30.000 abitanti in certe ore dal lunedì al venerdì
- l'ampliamento delle aree verdi

Numerosi sono quindi gli ambiti di intervento che coinvolgono attori differenti.

Esperienze in altre nazioni suggeriscono che programmi di controllo dell'inquinamento aumentano l'aspettativa di vita in poco tempo⁴⁹. La riduzione dell'inquinamento atmosferico porta non solo una riduzione delle malattie cardiovascolari e respiratorie ma anche un ritorno economico. Negli Stati Uniti per ogni dollaro investito nel controllo dell'inquinamento atmosferico dal 1970 c'è stato un ritorno economico di 30 dollari (da 4 a 88) come sottolinea anche la recente Lancet Commission su inquinamento e salute²⁸.

8. 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.

9. 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 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017
13. Arpae Sezione di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2017. Giugno 2018.
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/2017/05/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* 2017;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 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017.
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. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 2018;391(10119):462-512.
29. 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.
30. 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* 2017;13(12):1196.
31. 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.
32. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015;26:556-564
33. 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.
34. Sarnat S E, Winkquist 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.
35. 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.
36. 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.
37. 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.

38. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):206-8.
39. 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.
40. 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.
41. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>).
42. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
43. 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.
44. Di Leonardo 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.
45. ISPRA. Qualità dell'aria http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0_dell'aria/
46. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2011 report Copenhagen.
47. Lioy 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.
48. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2017 report Copenhagen.
49. Regione Emilia Romagna. Piano aria - Pair2020. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/pair2020>.
50. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017;389(10082):1907-1918.