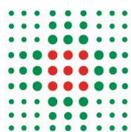


# RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA

## Anno 2015

novembre 2016



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

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

**Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2015****La presente pubblicazione è stata redatta da:**

Azienda USL di Bologna  
Dipartimento di Sanità Pubblica  
Direttore del Dipartimento  
Dott. Fausto Francia

**UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio**

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

A cura di:

**Elisa Stivanello, Luna Girolamini, Vincenza Perlangeli, Lorenzo Pizzi, Natalina Collina, 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**

<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1 SINTESI.....</b>	<b>5</b>
<b>2. INDICATORI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. METODI.....</b>	<b>11</b>
<b>4. VIS PER LA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA .....</b>	<b>14</b>
<b>5. VIS PER IL COMUNE DI BOLOGNA.....</b>	<b>21</b>
<b>6. CONFRONTO TEMPORALE .....</b>	<b>26</b>
<b>7. INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ATTIVITÀ DEL DIPARTIMENTO DI SANITÀ PUBBLICA .....</b>	<b>32</b>
<b>CONSIDERAZIONI .....</b>	<b>34</b>
<b>BREVE GLOSSARIO.....</b>	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>37</b>

## 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 (REVIHAAP<sup>1</sup>, ESCAPE<sup>2-6</sup>, EBoDE<sup>7</sup>, EpiAir 2<sup>8</sup>) e recentemente, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) l'ha classificato come carcinogeno di classe 1<sup>9</sup>. L'OMS stima che nel mondo nel 2012 ci sarebbero stati 3,7 milioni di persone decedute prematuramente a causa dell'inquinamento atmosferico<sup>10</sup>. Il progetto VIIAS (Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute) stima che in Italia nel 2010 i deceduti attribuibili al PM<sub>2,5</sub> sono stati 21.524, al biossido di azoto 11993<sup>11</sup>.

Dal 2003 l'azienda USL di Bologna produce questo rapporto di valutazione con l'obiettivo di descrivere l'impatto che l'inquinamento atmosferico presente nel territorio del comune e di tutta la città Metropolitana ha sulla salute, in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi. Questo rapporto rappresenta quindi uno strumento per campagne di comunicazione e informazione sui rischi sanitari dell'inquinamento e uno strumento di supporto ai decisori al fine di garantire "la tutela della collettività e dei singoli dai rischi connessi con gli ambienti di vita, anche con riferimento agli effetti sanitari degli inquinanti ambientali" come indicato dai Livelli Essenziali di Assistenza.

La valutazione d'impatto sulla salute dei residenti del territorio studiato è condotta prendendo in considerazione il PM<sub>10</sub>, il PM<sub>2,5</sub>, il biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>) ossia gli inquinanti che presentano le maggiori criticità per la salute. Viene calcolato sia l'impatto a breve che a lungo termine. L'impatto sulla salute è 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 espresso anche come anni di vita persi. I risultati poggiano su varie assunzioni. Si assume come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei valori di concentrazione giornaliera o oraria forniti dalle varie centraline del territorio e si assume che le funzioni di rischio utilizzate per i calcoli siano valide anche per la popolazione del territorio bolognese del 2015. Queste incertezze e la variabilità statistica, devono richiamare la necessità di prendere queste stime come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno. Questa valutazione si limita inoltre a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento, infatti vengono considerati solo alcuni esiti quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti di salute seppur evidenziati da altri autori<sup>12</sup>. Si deve poi aggiungere l'impatto che l'inquinamento ha sull'ambiente, sugli animali, sugli ecosistemi e sul clima, a loro volta associati alla salute e al benessere fisico e psichico dell'uomo di questa e delle generazioni successive.

## 1 Sintesi

### 1.1 Stime di impatto-Città Metropolitana di Bologna

Impatto a breve termine degli inquinanti :

esito	N. di eventi attribuibili <sup>ab</sup>			
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	75	139	54	92
Decessi per patologie cardiovascolari	22		36	
Decessi per patologie respiratorie	12		15	
Ricoveri per patologie respiratorie	84	223	85	288
Ricoveri per patologie cardiovascolari	113	167	169	

Impatto a lungo termine degli inquinanti

esito	N. di eventi attribuibili al PM <sub>2,5</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	595
Decessi per patologie cardiovascolari	335
Decessi per patologie respiratorie	94
Decessi per tumore al polmone	43

Dall'analisi sugli anni di vita persi alle concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> del 2015, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita del 2015 viene ridotta di 0,46 anni circa (5 mesi e mezzo circa).

### 1.2 Stime di impatto-Comune di Bologna

Impatto a breve termine degli inquinanti:

esito	N. di eventi attribuibili			
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Decessi per tutte le cause naturali	32	66	24	55
Decessi per patologie cardiovascolari	9		15	
Decessi per patologie respiratorie	5		7	
Ricoveri per patologie respiratorie	36	107	38	195
Ricoveri per patologie cardiovascolari	50	83	81	

<sup>a</sup> La stima è stata ottenuta considerando una soglia di "non effetto" di 10 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>2,5</sub>, di 20 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>10</sub> ed il NO<sub>2</sub>, per l'ozono si è considerata una soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>b</sup> I decessi ed i ricoveri attribuibili ad un inquinante non sono da sommare a quelli attribuibili ad un altro inquinante.

Impatto a lungo termine degli inquinanti:

<b>esito</b>	<b>N. di eventi attribuibili al PM<sub>2,5</sub></b>
Decessi per tutte le cause naturali	252
Decessi per patologie cardiovascolari	136
Decessi per patologie respiratorie	41
Decessi per tumore al polmone	19

Alle concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> del 2015, l'aspettativa di vita alla nascita del 2015 viene ridotta di 0,49 anni circa (6 mesi circa).

### 1.3 Serie temporale

Confrontando i dati sulla mortalità generale attribuibile agli effetti a breve termine del PM<sub>10</sub> di una centralina di Bologna dal 2000 al 2015, si nota un trend in diminuzione dell'impatto. Similmente anche gli effetti attribuibili al PM<sub>2,5</sub> 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. Il solo confronto con l'anno 2014 evidenzia invece un aumento dell'impatto da parte della maggior parte degli inquinanti studiati.

### 1.4 Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali del 2015 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 e come indicato dal Piano Regionale Integrato per contrastare l'inquinamento atmosferico e potenziare interventi strutturali e lavorare in una dimensione di area vasta ed integrata visto anche il contesto orografico e meteorologico della Pianura Padana.

## 2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> derivano dalla rete delle centraline Arpa di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna.

La rete delle centraline Arpa ha subito varie ristrutturazioni: alcune centraline sono state sostituite o disattivate, altre attivate<sup>13</sup>. 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 provinciale, nel 2015 erano operative le seguenti centraline<sup>13</sup>:

STAZIONE	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
Bologna - Giardini Margherita	•	•	•	•
Bologna – Porta San Felice	•	•		•
Bologna – Chiarini	•		•	•
San Lazzaro	•			•
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 varie 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 varie centraline del Comune.

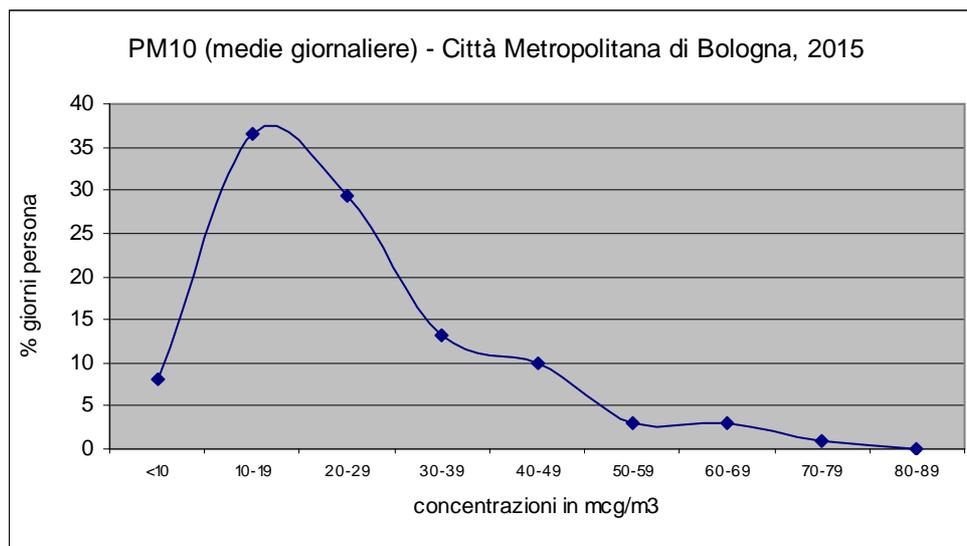
Per il confronto temporale delle stime di impatto, si considerano invece solo i valori rilevati nella centralina di Porta San Felice per il PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> e quelli rilevati nella centralina dei Giardini Margherita per l'ozono.

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 Arpa<sup>13</sup> già citato.

**Tabella 1. Statistiche riepilogative del PM<sub>10</sub>, 2015**

	PM <sub>10</sub>			
	N. dati validi	Media annua	Massima annua	Giorni >50 µg/m <sup>3</sup>
<b>Città Metropolitana di Bologna</b>	365	26,3	73	25
<b>Comune di Bologna</b>	365	26,6	76,3	28

**Grafico 1. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM<sub>10</sub>, Città Metropolitana 2015.**

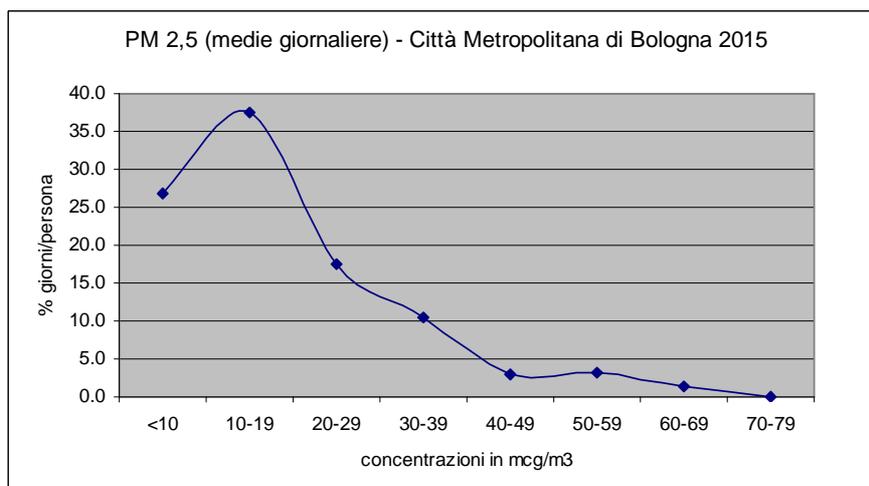


Dal grafico si evince che nel 2015, le concentrazioni più frequentemente registrate vanno da 10 a 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; sostanzialmente sovrapponibile risulta la curva relativa alla percentuale di giorni di esposizione della popolazione del Comune di Bologna che quindi non viene riportata.

**Tabella 2. Statistiche riepilogative del PM<sub>2,5</sub>, 2015**

	PM <sub>2,5</sub>		
	N. dati validi	Media annua	Massima annua
<b>Città Metropolitana di Bologna</b>	365	18,7	66,3
<b>Comune di Bologna</b>	364	18,9	70,5

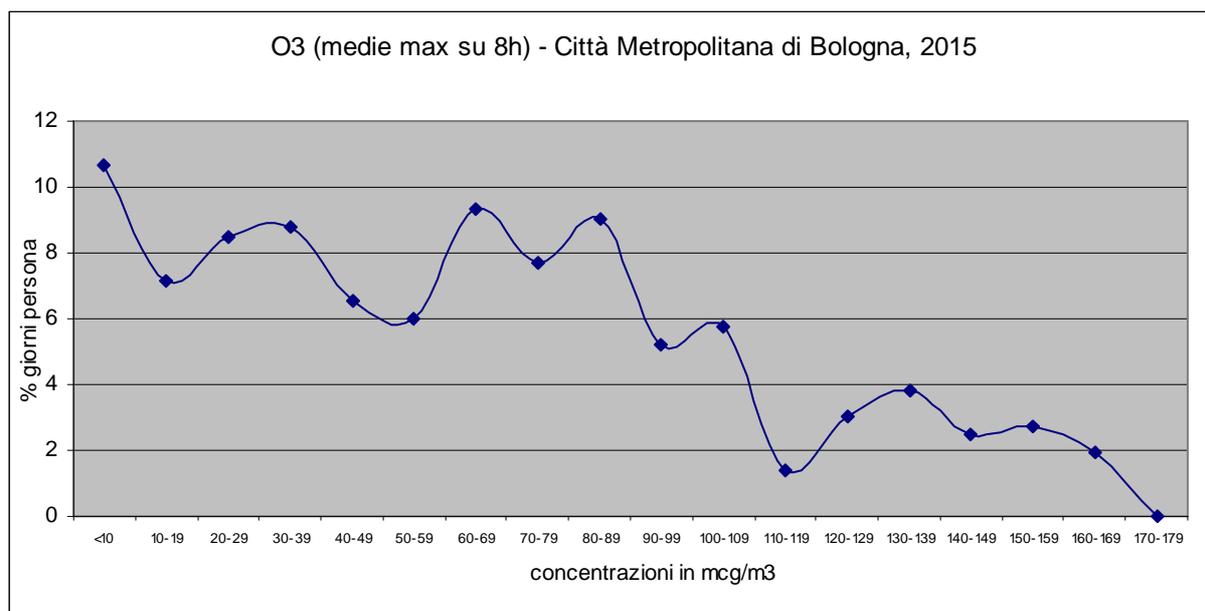
**Grafico 2. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM<sub>2,5</sub>, Città Metropolitana 2015.**



Le concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> cui è esposta la popolazione della Città Metropolitana sono per la maggior parte (65%) inferiori a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Molto simile è la curva relativa ai giorni di esposizione nel Comune.

**Tabella 3. Statistiche riepilogative dell'Ozono, 2015**

	Ozono			
	N. giorni validi	Media annua	Max media 8 h massima	Giorni con media max 8h > 120 µg/m <sup>3</sup>
<b>Città Metropolitana di Bologna</b>	365	42,1	166,6	51
<b>Comune di Bologna</b>	362	42,3	178,2	53

**Grafico 3. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di ozono, Città Metropolitana 2015.**

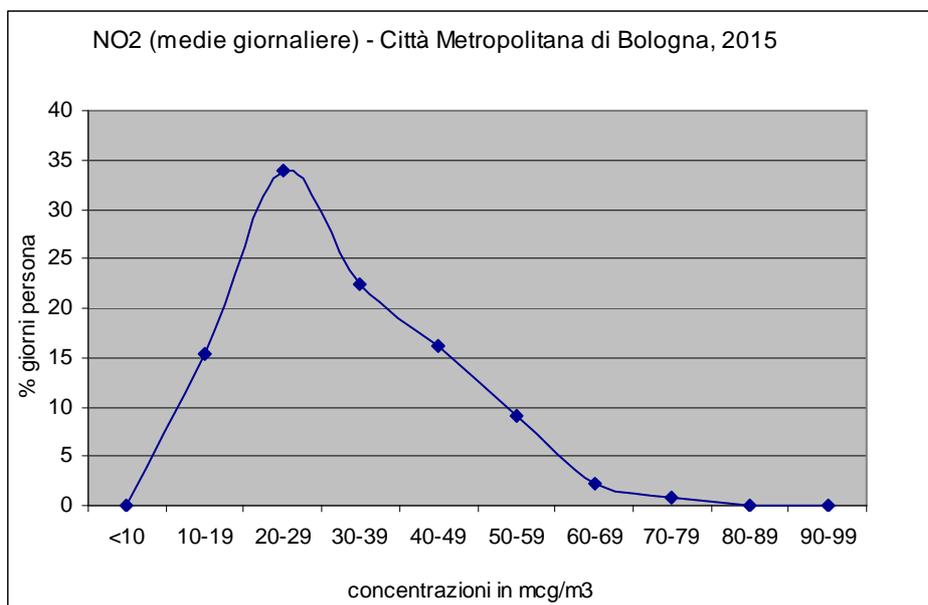
La percentuale di giorni di esposizione della popolazione della Città Metropolitana e del Comune per le diverse fasce di valori di O<sub>3</sub> segue un andamento multimodale, diverso quindi da quello degli altri inquinanti.

**Tabella 4. Statistiche riepilogative del biossido di azoto, 2015**

	NO <sub>2</sub>		
	N. giorni validi	Media annua	Massima oraria
<b>Città Metropolitana di Bologna</b>	365	32,7	104
<b>Comune di Bologna</b>	365	41,8	120

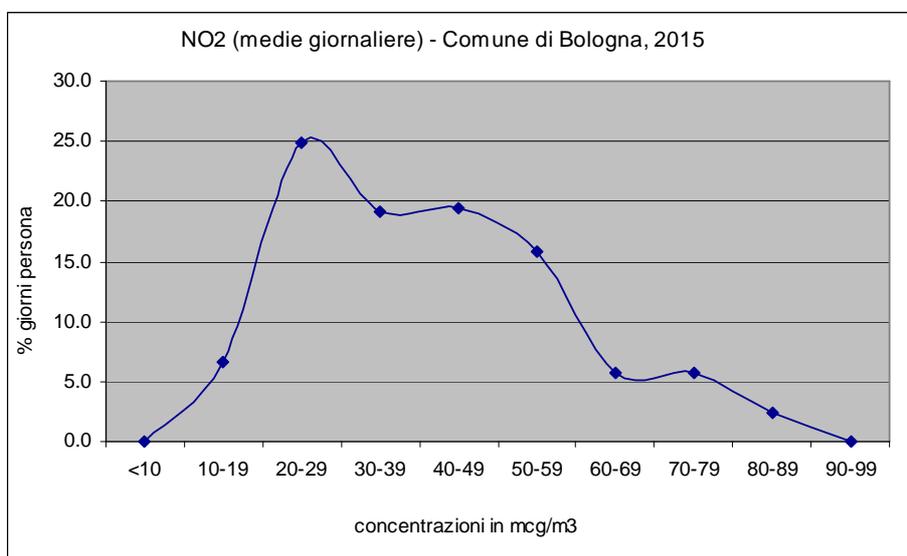
Nel grafico si osserva che le concentrazioni cui è esposta più frequentemente la popolazione vanno dai 20 ai 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Grafico 4. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di biossido di azoto, Città Metropolitana 2015.**



Se si considera il territorio comunale, si osserva che la popolazione è esposta con una maggiore frequenza anche a concentrazioni tra i 40 e i 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Grafico 5. Percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di biossido di azoto, Comune di Bologna 2015.**



### 3. Metodi

L'impatto è stato valutato in termini di:

1) 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";

2) 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;

3) anni di vita persi, ossia il numero di anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal PM<sub>2,5</sub> nel 2015 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m<sup>3</sup>.

Le stime del numero dei decessi o ricoveri ed il RA% è stato calcolato sia per il breve che per il lungo termine, mentre per gli anni di vita persi solo per il lungo termine. L'impatto a breve termine è stato calcolato per tutti e quattro gli inquinanti, quello a lungo termine solo per il PM<sub>2,5</sub>.

Per il calcolo dell'impatto sanitario e per il calcolo degli anni di vita persi, abbiamo utilizzato il software AirQ+ prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"<sup>14</sup>. Tale versione, nel 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 gli impatti stimati dei diversi inquinanti tra loro, in quanto porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più tenendo conto che il PM<sub>2,5</sub> è parte del PM<sub>10</sub><sup>1, 15</sup>. Lo stesso dicasi rispetto all'impatto nel breve termine che è compreso nell'impatto a lungo termine.

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, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti, come ad es. diabete<sup>16</sup>, nascite pretermine e il basso peso alla nascita<sup>17-19</sup>, disturbi neurologici<sup>20-21</sup>, e altri tumori<sup>22-23</sup>, seppur evidenziati da studi recenti o gli effetti sulle categorie più vulnerabili<sup>24</sup>. 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)<sup>7</sup>

Le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i rischi relativi aggiornati dell'OMS che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2015 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 casa<sup>25-35</sup>. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando rischi relativi ricavati da studi locali, e non erano emerse differenze sostanziali nelle stime ricavate.

#### 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 per cause cardiovascolari e respiratorie definiti in base ai codici del sistema ICD X (decessi) e ICD IX (ricoveri).

Per il calcolo dell'impatto sono stati adottati i RR (rischi relativi) raccomandati dall'OMS all'interno del Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe) e dal rapporto dell'Expert Meeting<sup>15, 36</sup> o indicati in AirQ versione 2.2.3.

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX9	Fonte	RR (IC95%)
PM <sub>10</sub>	Mortalità naturale	<S00	AirQ <sup>8</sup>	1,0074 (1,0062-1,0086)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	AirQ <sup>8</sup>	1,012 (1,008-1,037)

	Mortalità cardiovascolare <sup>c</sup>	I20-I67 e G45	AirQ <sup>8</sup>	1,008 (1,005-1,018)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	AirQ <sup>8</sup>	1,008 (1,0048-1,0112)
	Ricoveri cause cardiovascolari <sup>c</sup>	410-436	AirQ <sup>8</sup>	1,009 (1,006-1,013)
PM <sub>2,5</sub>	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0123 (1,0045-1,0201)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0190 (0,9982-1,0402)
	Ricoveri cause cardiovascolari <sup>c</sup>	390-459	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0091 (1,0017-1,0166)
ozono	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0029 (1,0014-1,0043)
	Mortalità respiratoria	J00-J99	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0078 (1,0012-1,0146)
	Mortalità cardiovascolare <sup>c</sup>	I00-I99	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0054 (1,0017-1,0091)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0044 (1,0007-1,0083)
	Ricoveri cause cardiovascolari (cause cardiache) <sup>c</sup>	390-429	HRAPIE <sup>9</sup>	1,0089 (1,0050-1,0127)
NO <sub>2</sub>	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	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 IX9	Fonte	RR (IC95%)
PM <sub>2,5</sub>	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE <sup>9</sup>	1,062 (1,040-1,083)
	Mortalità cause cardiovascolari >30 anni	I00-I99	WHO	1,10 (1,05-1,15)
	Mortalità malattie respiratorie	J00-J99	WHO	1,10 (0,98-1,24)
	Mortalità tumore bronchi-polmoni	C33-C34	WHO	1,09 (1,04-1,14)

## 3.2 Soglie

Per il calcolo del numero di morti e dei ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e del rischio attribuibile percentuale, sono state considerate come soglie “di non effetto” i 10 µg/m<sup>3</sup> ed i seguenti valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell’OMS (in grassetto)<sup>15</sup>.

Inquinante	Concentrazioni in µg/m <sup>3</sup> considerate come soglie di “non effetto”
PM <sub>10</sub>	10, <b>20</b> , 40
PM <sub>2,5</sub>	<b>10</b> , 20
Ozono	10, <b>70</b> , 110
NO <sub>2</sub>	10, <b>20</b>

## 3.3 Confronti temporali

Per i confronti temporali sono stati considerati solo 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.

<sup>c</sup> Il termine cardiovascolare viene definito in modo diverso a seconda degli studi.

Le stime di impatto presentate in rapporti di valutazione del passato non possono essere direttamente confrontate tra loro per cambiamenti avvenuti 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.

## 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 residente<sup>37</sup> nel 2015:

Popolazione della Provincia	1/1/2015	1/1/2016 <sup>d</sup>	media nel 2015
Tutte le età	1005132	1006808	1005970
>30 anni	745720	745978	745850

Nel 2015 i residenti morti<sup>38</sup> 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 grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	11702	1163,26
>30 anni	11665	1563,99
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	4219	419,40
(ICD X I20-I67 e G45)	3158	313,93
Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	1187	118,00
Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33 e C34) >30 anni	603	80,85

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 residenti	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	11930	1185,92
(ICD IX 390-459)	18996	1888,33
(ICD IX 410-436)	14520	1443,38
malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	12213	1214,05

### 4.2 Impatto a breve termine del PM<sub>10</sub>

Alla soglia 20 µg/m<sup>3</sup>, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM<sub>10</sub> nella Città Metropolitana è pari a 75 (IC 95%: 63-87), corrispondente ad un RA% dell'0,64.

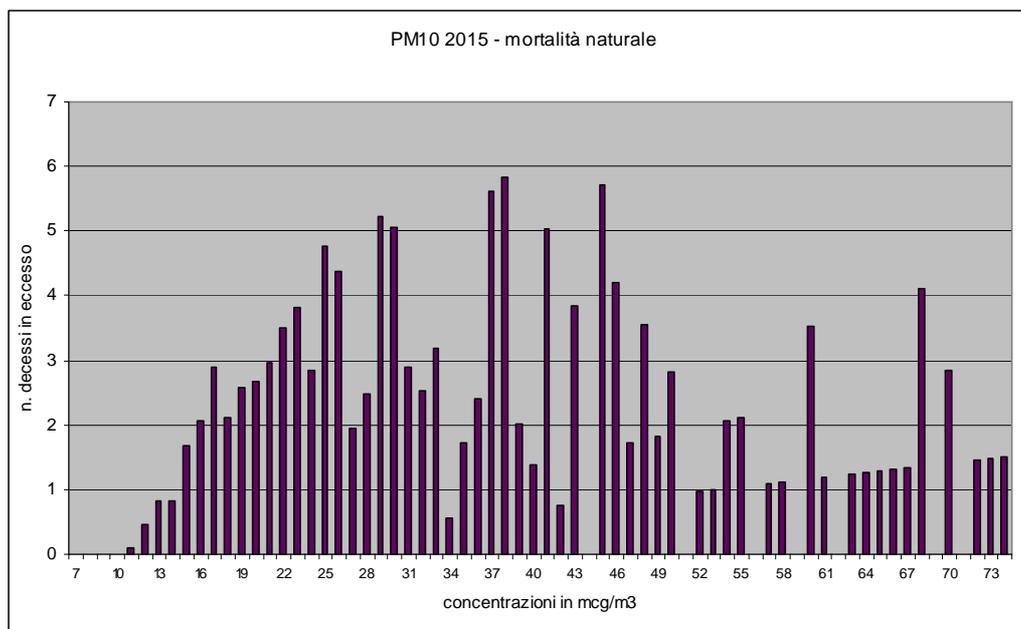
Città Metropolitana, 2015	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	17 (14-20)	75 (63-87)	142 (119-165)
RA% (IC95%)	0,15 (0,12-0,17)	0,64 (0,54-0,74)	1,21 (1,01-1,40)

<sup>d</sup> Dato aggiornato al 12/06/2016

<b>Mortalità cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	5 (3-11)	22 (14-49)	41 (26-92)
RA% (IC95%)	0,16 (0,1-0,36)	0,69 (0,43-1,55)	1,31 (0,82-2,92)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	3 (2-9)	12 (8-38)	23 (16-70)
RA% (IC95%)	0,24 (0,16-0,74)	1,04 (0,69-3,19)	1,96 (1,31-5,93)

Il numero di morti in eccesso 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 (1,04% alla soglia di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 142 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 più frequentemente presenti durante l'anno.

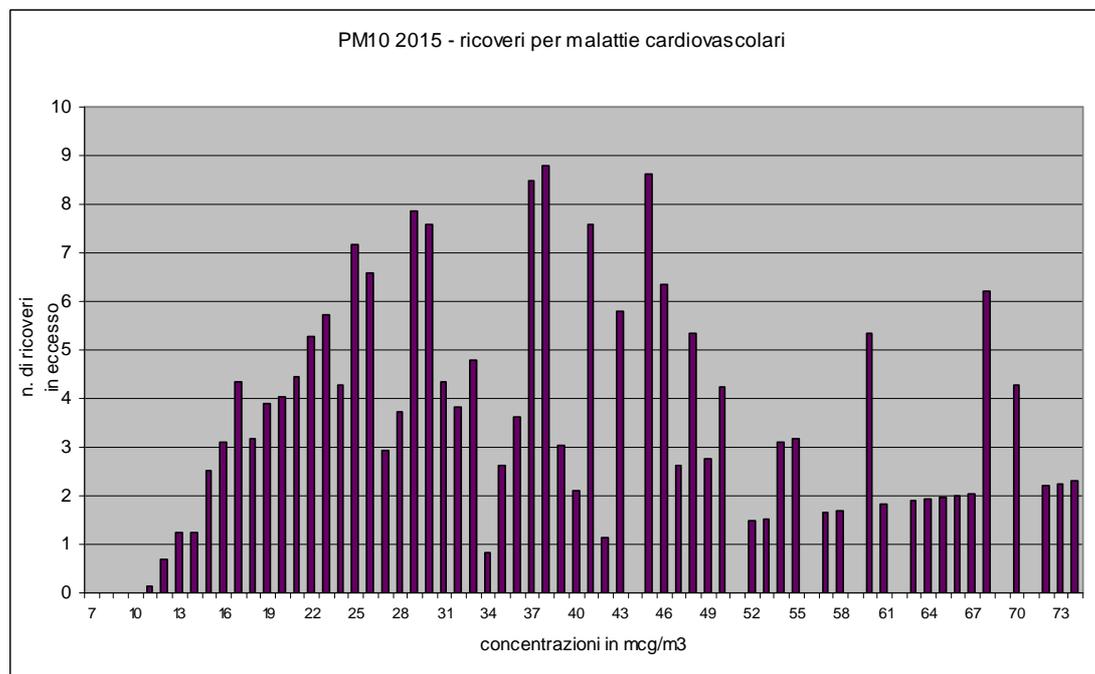
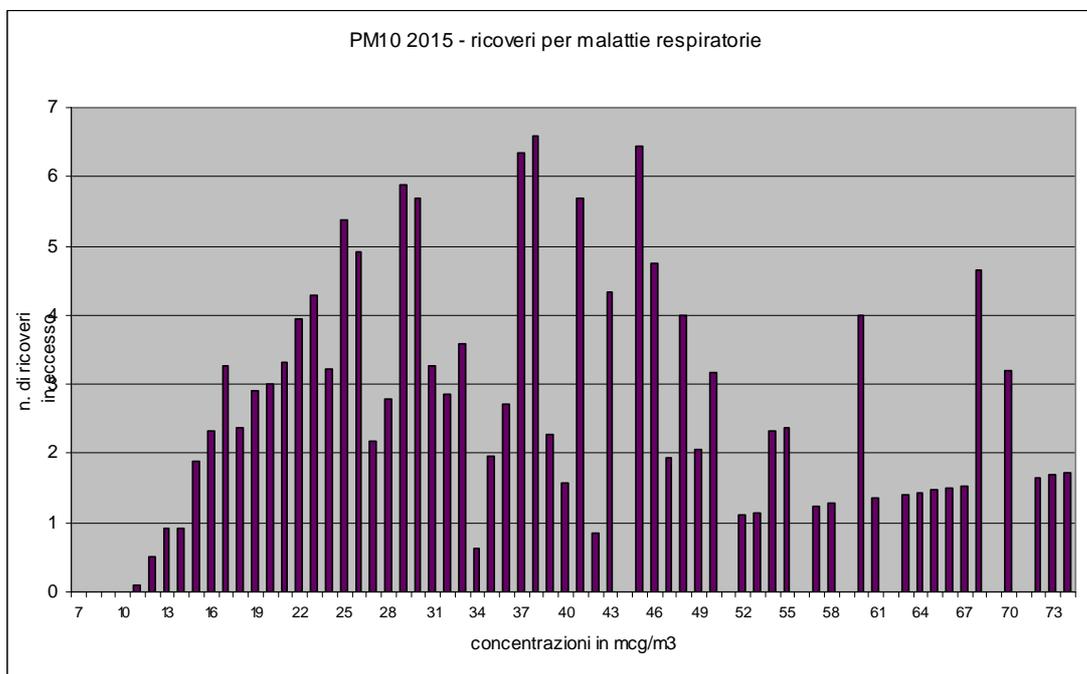


Le stime di impatto sui ricoveri per le patologie respiratorie e cardiovascolari sono:

Città Metropolitana, 2015	Valore limite di PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	19 (12-27)	84 (51-118)	160 (96-223)
RA% (IC95%)	0,16 (0,09-0,22)	0,69 (0,42-0,97)	1,31 (0,79-1,83)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	26 (17-37)	113 (75-163)	214 (143-308)
RA% (IC95%)	0,18(0,12-0,26)	0,78(0,52-1,12)	1,47 (0,98-2,12)

A tutte le soglie, il PM<sub>10</sub> ha un impatto lievemente maggiore sui ricoveri per patologie cardiovascolari rispetto a quelle respiratorie. Alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> sono 113 i ricoveri per cause cardiovascolari attribuibili al PM<sub>10</sub>, pari ad un RA% dell'0,78.

Come si vede dalla figura, sia per le patologie respiratorie che per quelle cardiovascolari, il numero più alto di ricoveri in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 50 µg/m<sup>3</sup>.

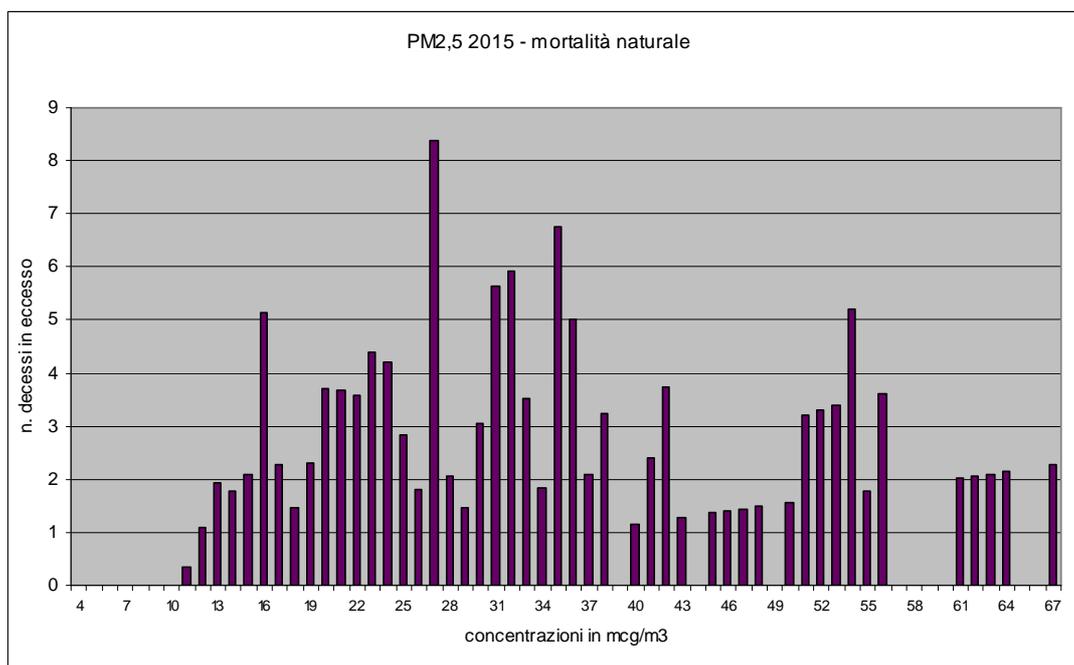


#### 4.3 Impatto a breve termine del PM<sub>2,5</sub>

Alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>, il numero di morti attribuibili al PM<sub>2,5</sub> è di 139, corrispondente allo 1,18% di tutti i decessi per cause naturali.

Città Metropolitana, 2015	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
N. morti (IC 95%)	65(24-107)	139 (51-226)
RA% (IC 95%)	0,56 (0,2-0,91)	1.18% (0,43-1,93)

Come si vede dalla figura seguente la maggior parte dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 10 ed i 40 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>2,5</sub>.



Le stime di impatto per i ricoveri sono:

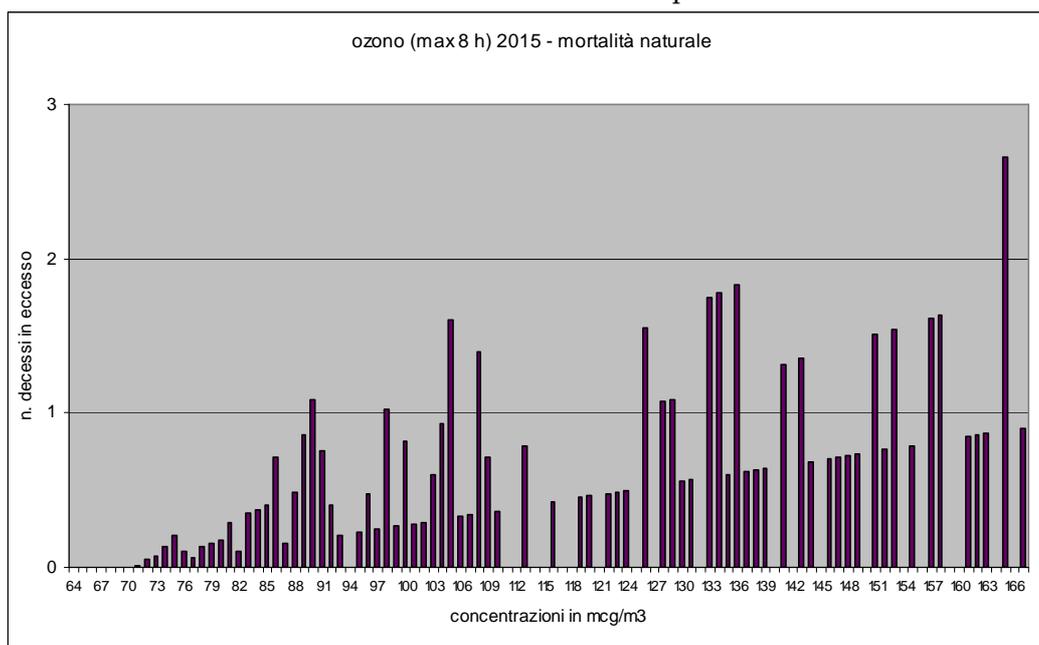
Città Metropolitana, 2015	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	106 (0-224)	223 (0-469)
RA % (IC95%)	0.86 (0-1,83)	1,83 (0-3,84)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	78 (15-143)	167 (31-303)
RA % (IC95%)	0,41 (0,08-0,75)	0,88 (0,16-1,6)

#### 4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> il RA% all'ozono è del 0,46% per la mortalità naturale, del 0,86% e del 1,24% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

Città Metropolitana, 2015	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
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	16 (7-23)	54 (26-80)	187 (91-277)
RA% (IC 95%)	0,13 (0,06-0,2)	0,46 (0,22-0,68)	1,6 (0,78-2,37)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	10 (3-18)	36 (11-61)	125 (40-210)
RA% (IC95%)	0,25 (0,08-0,42)	0,86(0,27-1,45)	2,97 (0,94-4,98)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	4(1-8)	15 (2-28)	51 (8-94)
RA% (IC95%)	0,36 (0,05-0,68)	1,24 (0,19-2,33)	4,27 (0,66-7,91)

La figura mostra che diversamente dai 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 85 per le patologie respiratorie e 169 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,70 e 1,42% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

Città Metropolitana, 2015	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
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
Stima N morti (IC 95%)	24 (4-47)	85 (14-161)	296 (47-555)
RA% (IC 95%)	0,2 (0,03-0,38)	0,7 (0,11-1,32)	2,43 (0,39-4,55)

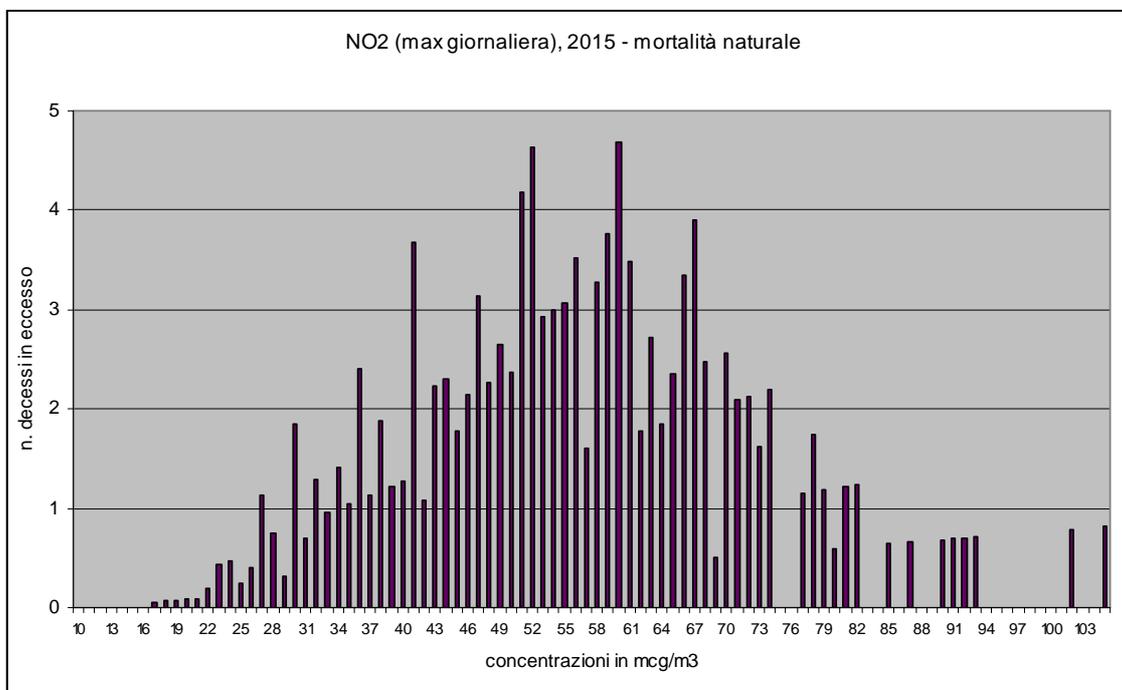
Ricoveri per patologie respiratorie			
Stima N morti (IC 95%)	49 (27-70)	169 (95-242)	581 (328-824)
RA% (IC 95%)	0,41 (0,23-0,59)	1,42 (0,79-2,03)	4,87 (2,75-6,90)

#### 4.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi in eccesso alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> sono 92 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 288.

Città Metropolitana, 2015	Valore limite di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	92 (55-130)	124 (73-173)
RA% (IC 95%)	0,79 (0,47-1,11)	1,06 (0,63-1,48)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	288 (185-390)	487 (314-658)
RA% (IC 95%)	2,36 (1,51-3,20)	3,99 (2,57-5,39)

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/ si ottiene la “speranza di vita” espressa in anni per ogni età e gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM<sub>2,5</sub> nel 2015. Nella tabella la colonna “% impatto” fornisce il valore di quanto gli anni persi incidono sul totale di anni di speranza di vita per ogni classe d’età considerata.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	83,76	0,46	(0,30-0,61)	0,55
5	78,97	0,46	(0,30-0,61)	0,58
10	73,99	0,46	(0,30-0,61)	0,62
20	64,02	0,46	(0,30-0,61)	0,72
30	54,08	0,46	(0,30-0,61)	0,85
50	34,53	0,44	(0,29-0,59)	1,28
65	20,97	0,39	(0,25-0,52)	1,86
80	9,46	0,29	(0,19-0,39)	3,07
100	1,92	0,12	(0,08-0,16)	6,40

Un bambino nato nel 2015 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di quasi 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,46 (IC 95% 0,30-0,61) anni (5 mesi e mezzo) vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2015. Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di speranza di vita perduta. 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 3% dopo gli 80 anni.

Nel 2015 la popolazione provinciale ha perduto circa 297 anni di vita a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub>. La popolazione di età inferiore ai 65 anni (ma superiore a 30<sup>e</sup>) ha perso 22,79 anni di vita sempre a causa dell’inquinamento da PM<sub>2,5</sub>.

Anni di vita persi nel corso del 2015 (IC al 95 %)

Tutte le età 297,39 (195,66 – 390,88)

0-65 anni 22,79 (15,00 – 29,96)

I decessi attribuibili agli effetti dell’esposizione a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> sono

Città Metropolitana, 2015	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare <sup>0</sup>	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N morti (IC 95%)	595 (391-782)	335 (175-483)	94 (0-202)	43(20-65)
RA% (IC 95%)	5,10 (3,35-6,70)	7,96 (4,16-11,45)	7,96 (0-17,07)	7,22 (3,35-10,77)

<sup>0</sup> Il modello utilizzato da AirQ considera solo la popolazione con più di 30 anni. Pertanto nel computo degli anni di vita persi attribuibili all’esposizione al PM<sub>2,5</sub>, non entrano gli anni persi dai soggetti di età inferiore ai 30 anni.

## 5. VIS per il Comune di Bologna

### 5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione<sup>37</sup>, necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione del Comune	Al 1/01/2015	Al 1/1/2016 <sup>f</sup>	media nel 2015
Tutte le età	386181	386663	386422
>30	291391	291115	291253,5

Il numero di residenti, morti<sup>38</sup> in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	4842	1253,03
- >30 anni	4825	1656,63
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1682	4353,28
(ICD X I20-I67, G45)	1278	330,73
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	498	128,87
Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33, C34) >30 anni	259	88,93

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

Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso ospeda- lizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	5284	1367,42
(ICD IX 390-459)	8292	2145,84
(ICD IX 410-436)	6227	1611,45
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	5027	1300,91

### 5.2 Impatto a breve termine del PM<sub>10</sub>

A Bologna, si stimano 32 decessi (IC 95% 27-37) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM<sub>10</sub>, corrispondenti allo 0,67% dei decessi per tutte le cause naturali se consideriamo 20 µg/m<sup>3</sup> il valore limite al di sotto del quale non vi sono effetti sulla salute.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
Stima N morti(IC 95%)	8 (6-9)	32 (27-37)	60 (50-70)
RA% (IC95%)	0,16 (0,13-0,18)	0,67 (0,56-0,77)	1,24 (1,04-1,44)

<sup>f</sup> Dato aggiornato al 12/06/2016

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	2 (1-5)	9 (6-21)	17 (11-38)
RA% (IC95%)	0,17 (0,1-0,38)	0,72 (0,45-1,62)	1,34 (0,84-3)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	1 (1-4)	5 (4-17)	10(7-30)
RA% (IC95%)	0,25 (0,17-0,78)	1,08 (0,72-3,32)	2.01 (1,34-6,08)

Le stime di impatto a breve termine sui ricoveri sono:

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	8 (5-12)	36 (22-51)	68 (41-94)
RA% (IC95%)	0,17 (0,1-0,23)	0,72 (0,43-1,01)	1,34 (0,81-1,88)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	12 (8-17)	50 (34-73)	94 (63-135)
RA% (IC95%)	0,19 (0,13-0,27)	0,81 (0,54-1,17)	1,51 (1,01-2,17)

### 5.3 Impatto a breve termine del PM<sub>2,5</sub>

Per quanto riguarda il PM<sub>2,5</sub>, il numero di decessi attribuibili alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup> è di 66.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	35 (13-60)	66 (24-109)
RA%(IC 95%)	0,73 (0,26-1,23)	1,36 (0,49-2,25)

Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM<sub>2,5</sub> sono attribuibili il 2,13% dei ricoveri per cause respiratorie e l'1 % di quelli per cause cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	58 (0-135)	107 (0-237)
RA%(IC 95%)	1,16 (0-2,69)	2,13 (0-4,72)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	44 (8-83)	83 (15-153)

#### 5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, nel comune di Bologna, sono attribuibili 24 morti in eccesso, ossia lo 0,50% della mortalità.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di ozono (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Mortalità naturale</b>			
Stima N morti (IC 95%)	8 (4-12)	24 (12-36)	78(38-115)
RA% (IC 95%)	0,17 (0,08-0,25)	0,5 (0,24-0,74)	1,6 (0,78-2,37)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
Stima N morti (IC 95%)	5 (2-9)	15 (5-25)	48 (15-81)
RA% (IC95%)	0,31 (0,1-0,53)	0,93(0,29-1,57)	2,98 (0,94-4,99)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
Stima N morti (IC 95%)	2 (0-4)	7(1-13)	21 (3-40)
RA% (IC95%)	0,45(0,07-0,85)	1,35(0,21-2,54)	4,28 (0,67-7,94)

L'impatto dell'ozono sulla mortalità per cause respiratorie è del 1,35%. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, le stime dei RA% superano l'1,5% per le malattie cardiovascolari.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di ozono (µg/m <sup>3</sup> ), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	13 (2-24)	38 (6-72)	122 (20-229)
RA% (IC95%)	0,25 (0,04-0,48)	0,76(0,12-1,43)	2,43 (0,39-4,55)

<b>Ricoveri per malattie cardiovascolari</b>			
Stima N ricoveri (IC 95%)	27 (15-39)	81 (45-116)	258 (146-366)
RA% (IC95%)	0,52 (0,29-0,74)	1,54 (0,86-2,2)	4,88 (2,76-6,92)

### 5.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi attribuibili al NO<sub>2</sub> alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> per la mortalità per cause naturali sono 55.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità naturale</b>		
Stima N morti (IC 95%)	55 (33-77)	68 (40-95)
RA% (IC 95%)	1,14 (0,67–1,59)	1,40 (0,83-1,97)

mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 195.

Comune di Bologna, 2015	Valore limite di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>		
Stima N ricoveri (IC 95%)	195 (126-264)	279 (180-376)
RA% (IC 95%)	3,89 (2,50–5,26)	5.56 (3,59-7,48)

## 5.6 Impatto a lungo termine

Di seguito si riporta la “speranza di vita” (espressa in anni) per ogni età, gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dal PM<sub>2,5</sub> nel 2015, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m<sup>3</sup>, oltre alla “percentuale (%) di impatto”, cioè quanto gli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM<sub>2,5</sub> “pesano” sulla speranza di vita.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	82,93	0,49	(0,32-0,65)	0,59
5	78,27	0,49	(0,32-0,65)	0,63
10	73,29	0,49	(0,32-0,65)	0,67
20	63,41	0,49	(0,32-0,66)	0,78
30	53,63	0,50	(0,32-0,66)	0,93
50	34,16	0,47	(0,31-0,63)	1,39
65	20,86	0,41	(0,27-0,55)	1,98
80	9,62	0,31	(0,20-0,41)	3,17
100	2,04	0,13	(0,09-0,18)	6,55

Si desume che un bambino nato nel 2015 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vivere circa 83 anni. Di questi però 0,49 (IC 95% 0,32-0,65) anni, ossia circa 6 mesi, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2015.

Nel Comune di Bologna nell’anno 2015 l’insieme degli anni di vita persi è di 131,18:

Anni di vita persi nel 2015 (IC 95 %)	
Tutte le età	131,18 (86,33 – 172,39)
0-64 anni	10,10 (6,71 – 13,39)

Il numero di decessi attribuibili agli effetti dell’esposizione a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> è:

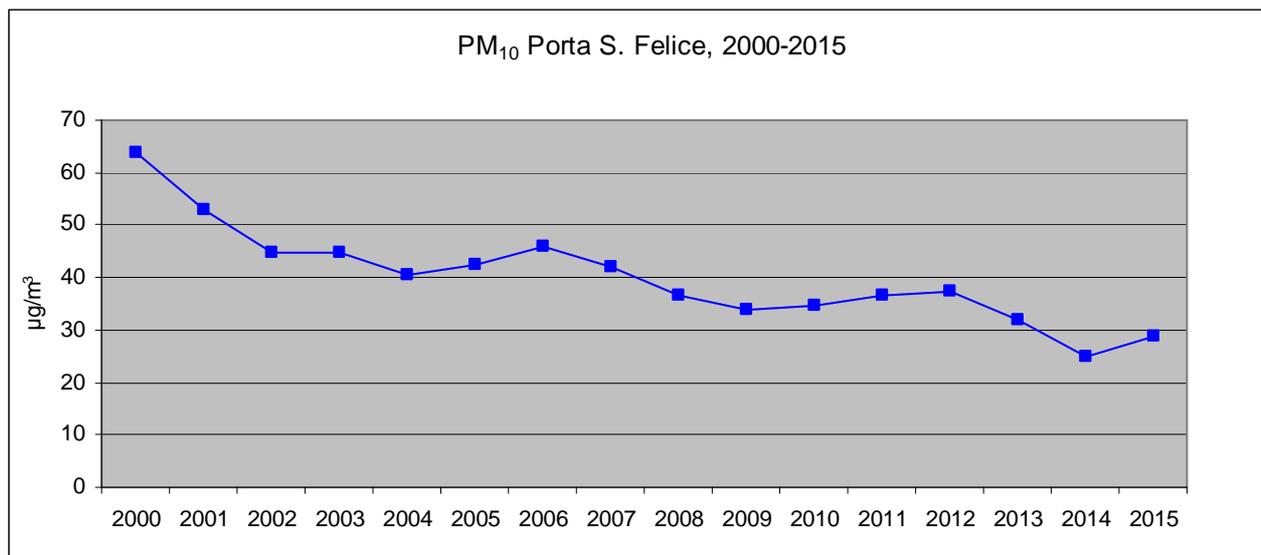
Comune di Bologna, 2015	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N morti (IC 95%)	252 (166-331)	136 (71-197)	41 (0-104)	19 (9-29)
RA% (IC 95%)	5,21 (3,43-6,85)	8,13 (4,25-11,70)	8,13 (0-17,42)	7,38 (3,43-11,01)

## 6. Confronto temporale

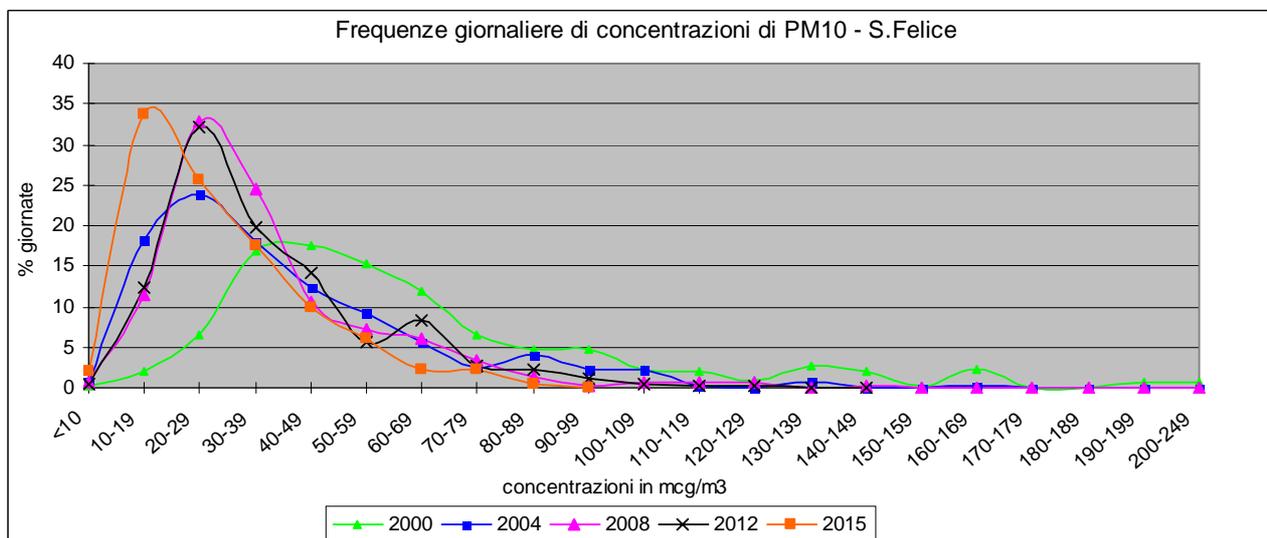
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità.

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di **PM<sub>10</sub>** e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000.

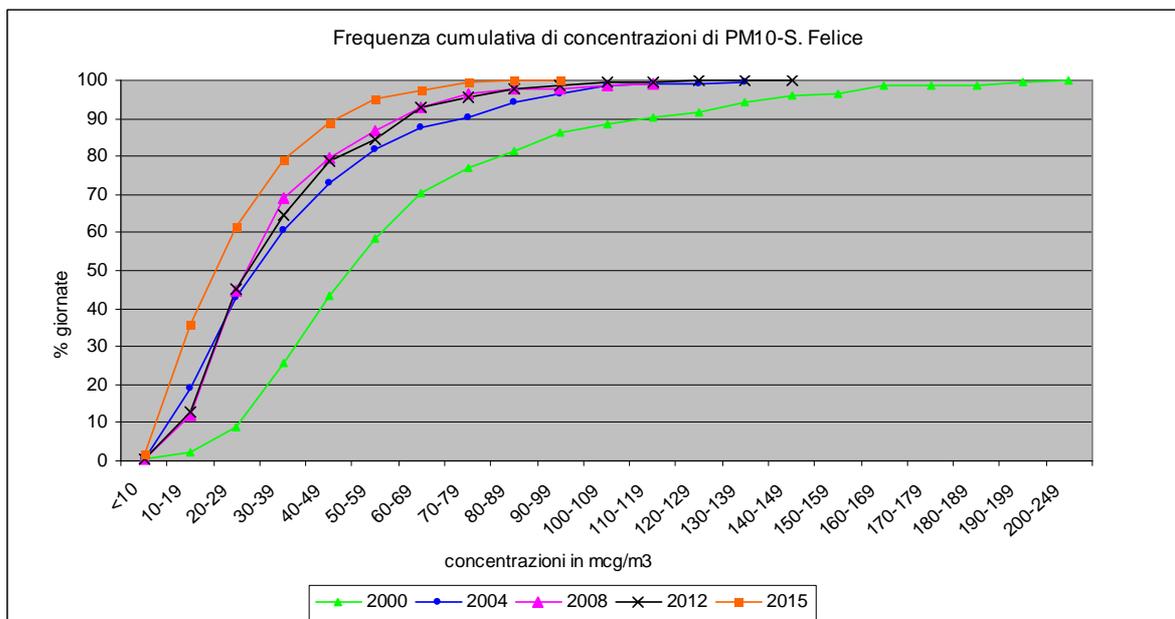
Nel periodo considerato, come si vede nel grafico, è presente un trend significativamente ( $p < 0,001$ ) in diminuzione ( $-1,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  all'anno) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.



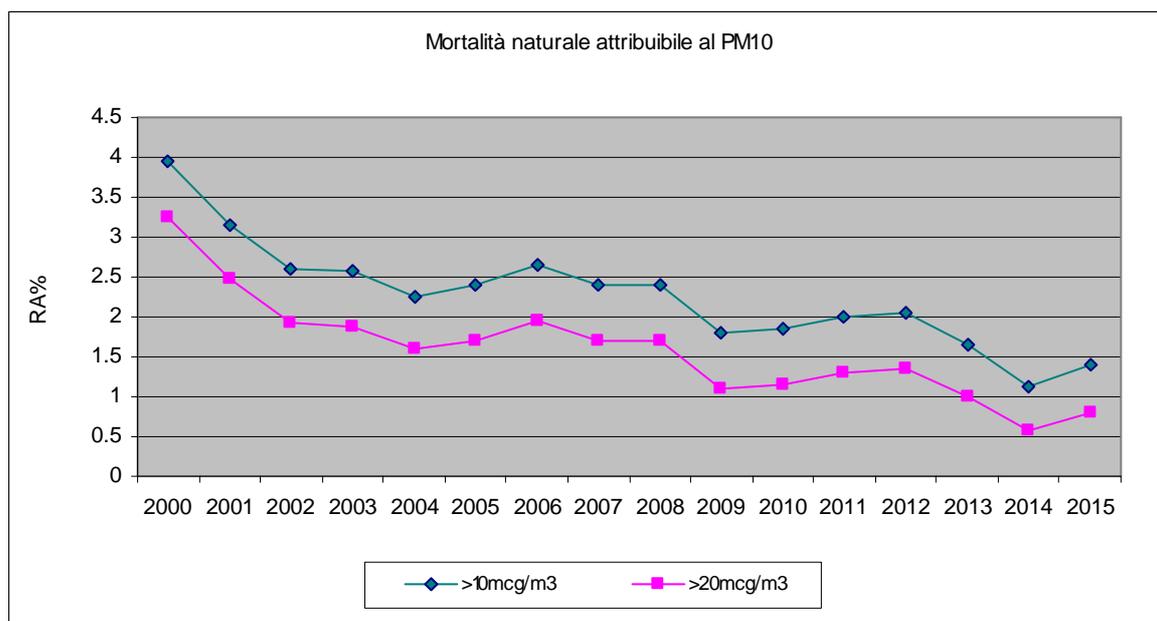
Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni giornaliere, suddivise in classi, si può disegnare il seguente grafico:



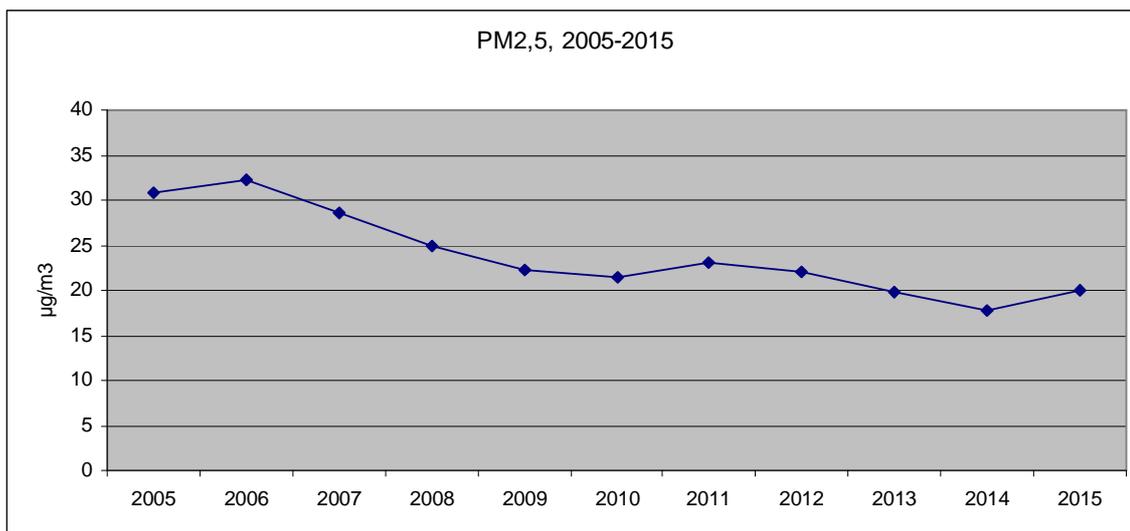
A partire dal 2000 le concentrazioni più frequenti si spostano nella parte sinistra del grafico, cioè verso i livelli di concentrazione più bassi, con una minore dispersione verso i valori più elevati, ancora più evidente nel 2015. Se consideriamo la distribuzione delle giornate con concentrazioni superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , limite previsto dalla normativa, si nota come nel 2015, l'11% delle giornate ha valori superiori. Tali giornate erano oltre il 50 % nel 2000 ed intorno al 20% nel 2008.



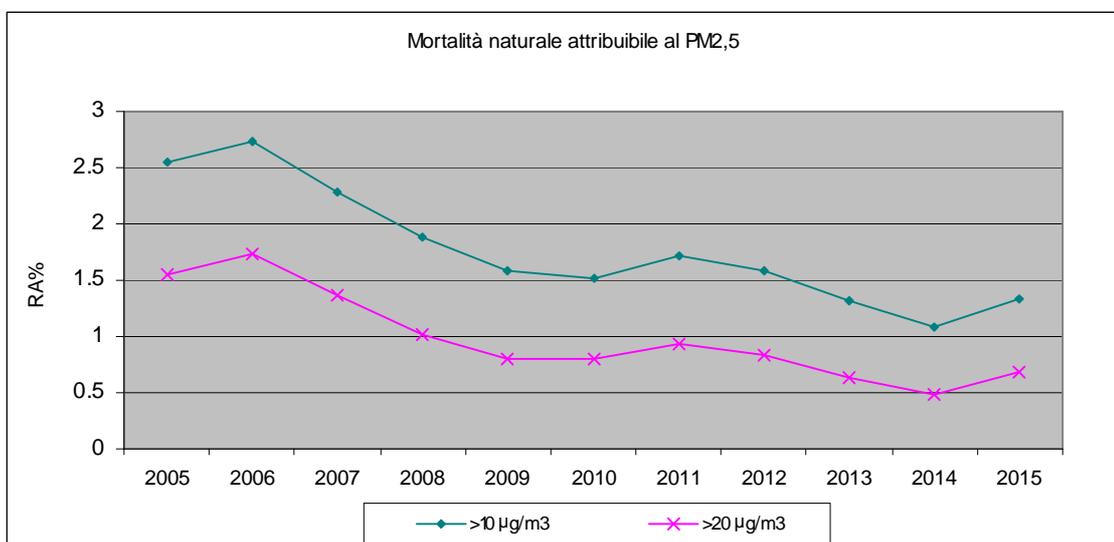
Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM<sub>10</sub>, il RA% presenta un complessivo decremento con una riduzione superiore nei primi anni ed un decremento più modesto e non continuo successivamente. Nel 2015 si registra un lieve aumento rispetto all'anno precedente.



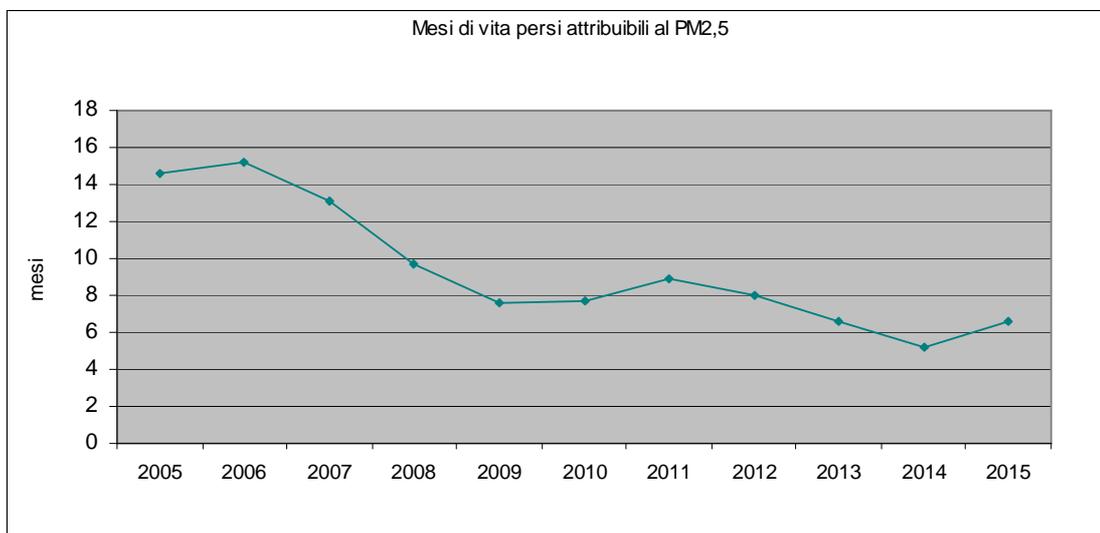
I dati sulle concentrazioni del PM<sub>2.5</sub> mostrano complessivamente un trend significativo ( $p=0,001$ ) in riduzione con il valore più basso nel 2014.



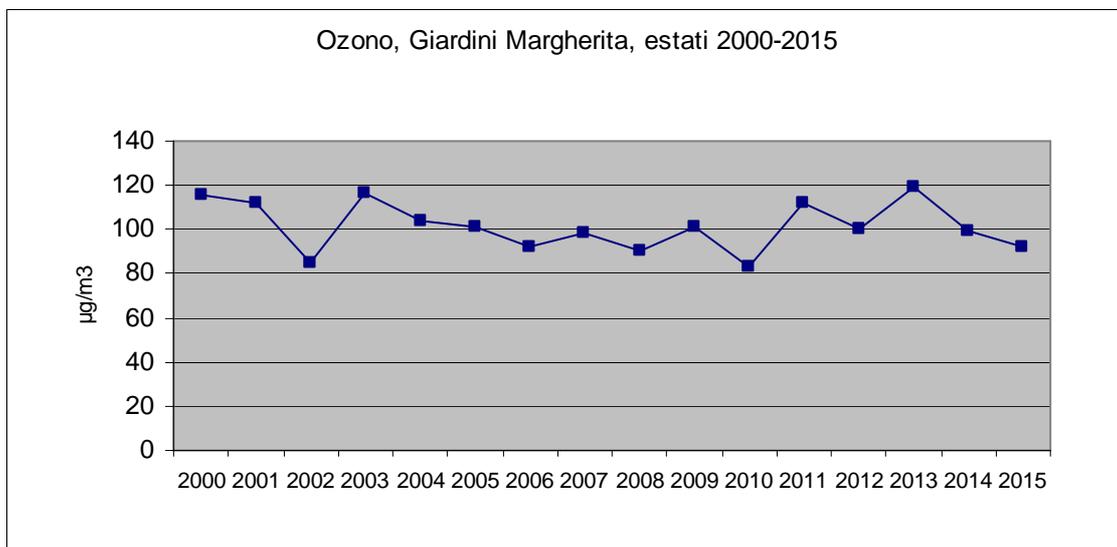
La mortalità attribuibile segue, conseguentemente, un andamento simile.



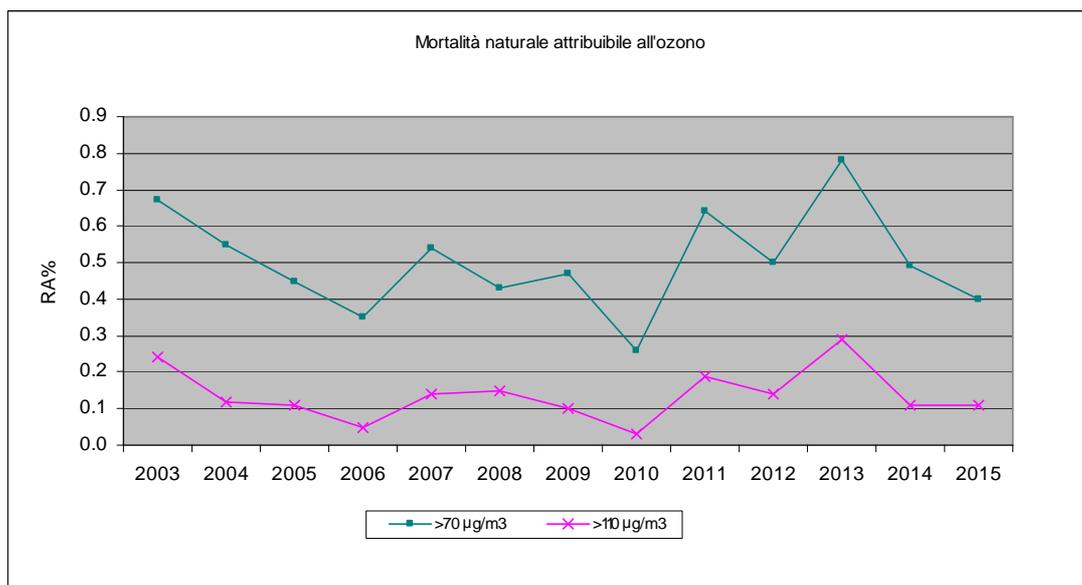
Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM2,5, si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno nel 2005-2006 a valori intorno ai 6 mesi degli ultimi anni.



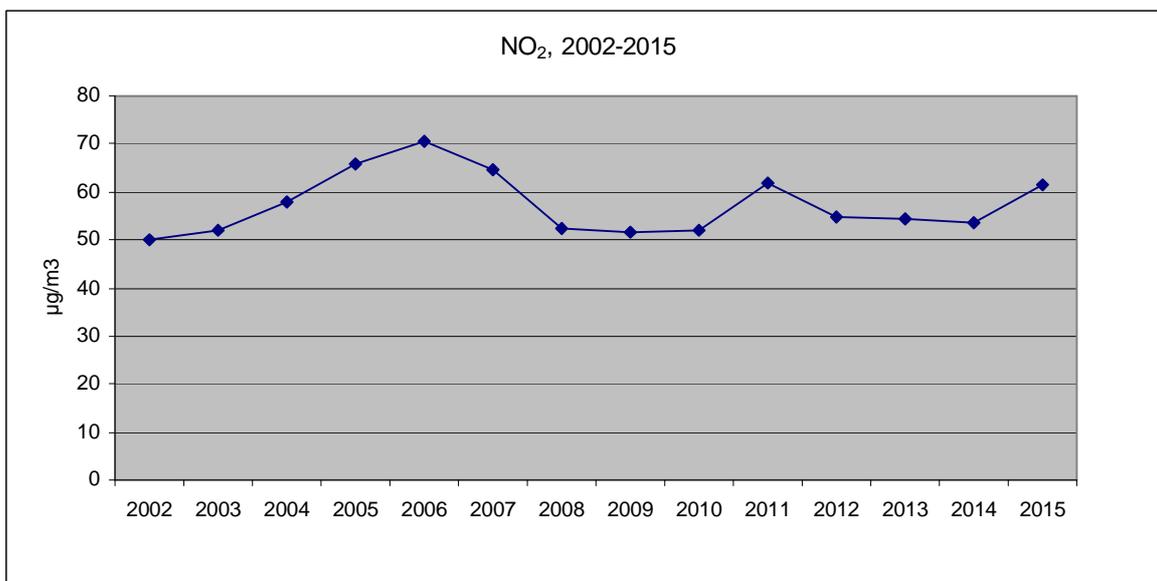
Un confronto storico è possibile con i dati dell'ozono rilevati dalla centralina dei Giardini Margherita. Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2015 non emerge alcun trend significativo di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando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



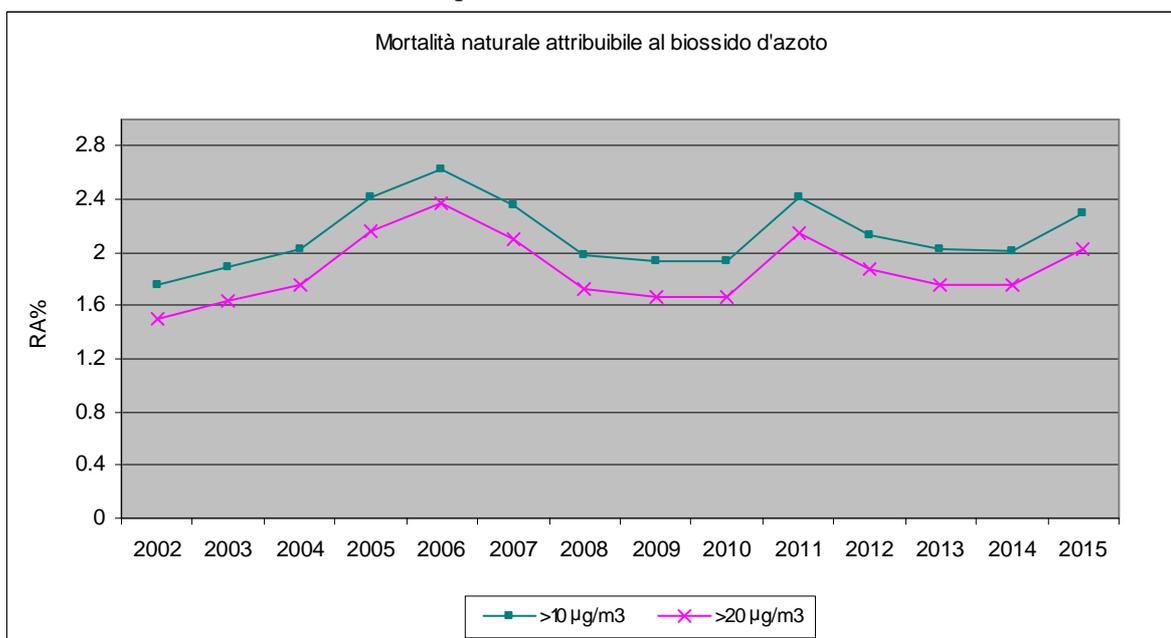
Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.



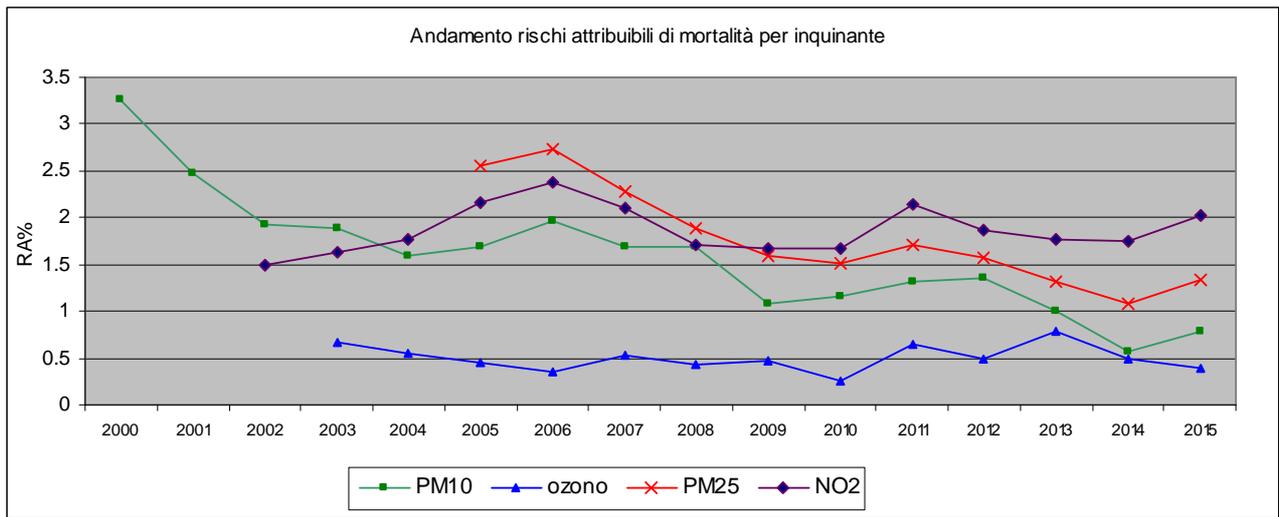
Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO<sub>2</sub> rilevate presso Porta San Felice, la serie storica del periodo 2002-2015 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni.



Simile andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori aumentati nell'ultimo anno rispetto al 2014.



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 di sostanziale stabilità 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 sia per le polveri che per il biossido di azoto.



## **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: è chiamato a dare pareri su Valutazioni di Impatto Ambientale, strumenti urbanistici, licenze all'utilizzo di gas tossici, autorizzazioni emissioni in atmosfera, a fare richiesta di provvedimenti relativi alla messa in sicurezza e ripristino dei siti inquinati, a partecipare a Conferenze dei Servizi o a tavoli regionali e/o provinciali sul tema. Ha recentemente partecipato a:

### **EpiAir<sup>8</sup>**

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 PM<sub>10</sub>, ozono e NO<sub>2</sub>, è stato studiato l'effetto del PM<sub>2.5</sub>, 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>.

### **Indagine 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, possono presentare criticità in ambito ambientale e sanitario. In questi casi l'Azienda Usl, anche su indicazione di Arpa, 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 Arpa ed in accordo con le amministrazioni deputate, si è cercato di individuare localmente le fonti odorigene che rappresentano un potenziale incremento di rischio sanitario.

### **Supersito<sup>39</sup>**

È un progetto della Regione Emilia Romagna coordinato da Arpa. 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.

Questo progetto, avviato nel 2011, si avvale di collaborazioni nazionali ed internazionali e dal 2013 vede la partecipazione dell'Azienda Usl di Bologna nella raccolta dei dati utili ad una delle linee progettuali, avente come obiettivo specifico quello di studiare gli effetti sanitari degli inquinanti.

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](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, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, As, Mn, Pb, K, Sn), mortalità naturale (Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, 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 salute<sup>40-41</sup>.

## Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali riportati da Arpa<sup>13</sup> evidenzia che:

- il 2015 è stato caratterizzato da un peggioramento complessivo della qualità dell'aria rispetto all'anno precedente. Tale peggioramento sarebbe attribuibile alle marcate differenze tra le condizioni meteorologiche verificatesi nei due anni con più frequenti situazioni favorevoli all'accumulo del materiale particolato in autunno/inverno 2015 e più numerose giornate caratterizzate da bel tempo, ideali per la formazione di ozono nell'estate del 2015.
- alcuni valori normativi sono ancora superati seppur meno spesso che nel passato. Sinteticamente, per il PM<sub>10</sub>, presso la centralina di Porta San Felice è stato superato il limite di 35 giornate con concentrazioni superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> mentre presso nessuna centralina è stato superato il limite annuo di 40 µg/m<sup>3</sup>. 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 mcg/m<sup>3</sup> e soglia di allarme di 400 µg/m<sup>3</sup>). Per l'ozono, viene superata la soglia di informazione pari a 180 µg/m<sup>3</sup> nelle due stazioni di Bologna e il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni viene superato in tutte le stazioni considerate, eccetto Castelluccio. I valori normativi del PM<sub>2,5</sub> non sono invece superati in nessuna centralina.
- un complessivo miglioramento della qualità dell'aria nell'ultimi decenni, 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 crisi economica, con riduzione dei consumi e delle produzioni, 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 segue un simile comportamento. Confrontando gli effetti dell'esposizione a breve termine del 2015 con quelli del 2014 si osserva un aumento dell'impatto sanitario per la maggior parte degli inquinanti mentre considerando una serie storica più lunga, si osserva un trend in diminuzione delle polveri e la sostanziale stabilità dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto e dall'ozono, pur con variazioni interannuali.

Ad oggi la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti è inferiore all'1,5 % ma supera il 5% considerando l'esposizione a lungo termine con una riduzione della speranza di vita alla nascita di 5-6 mesi circa. Nella città Metropolitana sarebbero 595 i decessi attribuibili all'esposizione a lungo termine del PM<sub>2,5</sub>.

Quindi, nonostante i miglioramenti nel tempo, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute e benché il carico di malattia associato all'inquinamento atmosferico sia inferiore ad altri determinanti quali il peso, il fumo, l'uso di alcool<sup>42</sup>, la sfida per la sua riduzione deve rimanere un obiettivo.

Nel corso degli ultimi anni sono state adottate varie misure per contenere il livello degli inquinanti. Le iniziative per la riduzione dell'inquinamento sono varie, possono interessare diversi livelli, con misure con un effetto nel breve o nel lungo termine, dirette alla riduzione degli inquinanti e riguardanti solo un ambito o con obiettivi più ampi.

Il territorio 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 pa-

dana. 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 regioni<sup>43-45</sup>.

Nel 2015 il Progetto VIIAS<sup>11</sup>, 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, sottolineando 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 (ammoniacale) e di interventi di forestazione urbana.

Intanto la Regione Emilia Romagna, recependo la normativa nazionale, ha adottato nel 2014 un unico Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria<sup>46</sup> 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.

## 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.

**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/](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](http://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 2015. Giugno 2016.
14. 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>
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2016 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2016
24. 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.
25. 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.
26. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology*. 2015;26:556-564
27. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 123;467-474.
28. Heo J, Schauer JJ, Yi O et al. Fine particle air pollution and mortality. *Epidemiology*. 2014;25:379-388.
29. Samat 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.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev*. 2013 Jul-Oct;37(4-5):206-8.
34. 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.

35. Atkinson RW, Mills IC, Walton HA, Anderson HR. 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.
36. WHO. 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.
37. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>).
38. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
39. Supersito. Qualità dell'aria e salute. <http://www.arpa.emr.it/supersito/index.asp>
40. 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.
41. 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.
42. GBD 2013 Risk Factors Collaborators, Forouzanfar MH, Alexander L et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2015;386(10010):2287-323.
43. ISPRA. Qualità dell'aria [http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0\\_dell'aria/](http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0_dell'aria/)
44. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2011 report Copenhagen.
45. Liroy PJ, Georgopoulos PG. New Jersey: A Case Study of the Reduction in Urban and Suburban Air Pollution from the 1950s to 2011 doi: 10.1289/ehp.1103540
46. Regione Emilia Romagna. Piano aria - Pair2020. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/pair2020>.