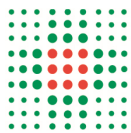


# VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA 2019



**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, 2019**

A cura di:

**Patrizia Biavati<sup>1</sup>, Simona Saraceni<sup>1</sup>, Elisa Stivanello<sup>1</sup>, Vincenza Perlangeli<sup>1</sup>, Roberta Santini<sup>2</sup>, Paolo Pandolfi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica- Azienda USL di Bologna

<sup>2</sup>Programma Ambiente e Salute - Azienda USL di Bologna

<sup>3</sup>Direttore 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 ai colleghi di Arpae.

Per informazioni:

patrizia.biavati@ausl.bologna.it; paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

ottobre 2020

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

**SOMMARIO**

Premessa .....	4
Indicatori dell'inquinamento atmosferico.....	5
Metodi .....	6
VIS per la Città Metropolitana di Bologna.....	9
VIS per il Comune di Bologna (riprendere da qui).....	14
Confronto temporale .....	18
Conclusioni.....	24
Breve glossario .....	25
Bibliografia .....	26

## Premessa

E' ormai accertato che l'ambiente è uno dei determinanti fondamentali dello stato di salute della popolazione umana e l'inquinamento atmosferico è un riconosciuto fattore di rischio per la salute. Numerosi studi, anche recenti, hanno confermato i suoi effetti sulla mortalità, sulla morbilità e sul ricorso ai servizi sanitari per diverse cause (REVIHAAP<sup>1</sup>, ESCAPE<sup>2-6</sup>, EBoDE<sup>7</sup>, EpiAir2<sup>8</sup>) e nel 2013 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) l'ha classificato come carcinogeno di classe 1<sup>9</sup>. Con effetti più importanti evidenziati soprattutto nelle categorie più fragili bambini, anziani o soggetti con patologie croniche.

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.

L'impatto è stato stimato in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2019 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 (2000-2019). L'impatto viene 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. Sono stati presi in considerazione gli inquinanti atmosferici che determinano le maggiori criticità per la salute: 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>).

Questo rapporto rappresenta quindi uno strumento per campagne di comunicazione del rischio dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana ed uno strumento di supporto nelle decisioni per la tutela della salute.

## 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 Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Nel 2019 erano operative le seguenti centraline<sup>10</sup>:

Rete centraline Arpae, Città Metropolitana, 2019		Inquinanti			
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
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).

Per approfondimenti sui valori degli inquinanti a livello delle singole centraline e sui superamenti dei limiti normativi si rimanda al documento Arpae<sup>10</sup> già citato.

### Valori medi delle centraline in µg/m<sup>3</sup>, 2019

		Città Metropolitana di Bologna	Comune di Bologna
PM <sub>10</sub>	N. dati validi	365	365
	Media annua	23,87	23,96
	Massima annua	72,67	75,67
	Giorni >50 µg /m <sup>3</sup>	26	26
PM <sub>2,5</sub>	N. dati validi	365	365
	Media annua	15,42	14,91
	Massima annua	56,33	62,50
Ozono	N. dati validi	365	364
	Media annua	48,27	47,10
	Max annua media 8 h	187,38	193,75
	Giorni con media max 8h >120 µg/m <sup>3</sup>	59	61
NO <sub>2</sub>	N. giorni validi	365	365
	Media annua	25,03	28,90
	Massima oraria	77,50	93,00

## 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<sup>9</sup>;
- 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 2019 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, gli anni di vita persi solo per il lungo termine.

Il calcolo degli indicatori d'impatto a breve e lungo termine è stato effettuato utilizzando il software AirQ vers 1.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"<sup>11</sup>.

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<sub>2,5</sub> è parte del PM<sub>10</sub><sup>1, 12</sup>. 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, per la mortalità respiratoria, cardiovascolare e per tumore del polmone. Infine l'impatto sui ricoveri è stato calcolato per le 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 Meeting<sup>13-14</sup> o indicati in AirQ versione 2.2.3.

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Unità di misura (µg/m <sup>3</sup> )	Esito/Impatto	Codici ICD X/ ICD IX	Fonte	RR (IC95%) per 10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	media giornaliera	Mortalità naturale	<S00	AirQ	1,0074 (1,0062-1,0086)
PM <sub>2,5</sub>	media giornaliera	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE	1,0123 (1,0045-1,0201)
		Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	1,0190 (0,9982-1,0402)
		Ricoveri cause cardiovascolari	390-459	HRAPIE	1,0091 (1,0017-1,0166)
O <sub>3</sub>	media giornaliera max su 8 h	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE	1,0029 (1,0014-1,0043)
		Mortalità respiratoria	J00-J99	HRAPIE	1,0029 (0,9989-1,007)
		Mortalità cardiovascolare	I00-I99	HRAPIE	1,0049 (1,0013-1,0085)
		Ricoveri cause cardiovascolari	390-429	HRAPIE	1,0089 (1,0050-1,0127)
		Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	1,0044 (1,0007-1,0083)
NO <sub>2</sub>	media max giornaliera	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE	1,0027 (1,0016-1,0038)
	media giornaliera	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE	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 <sub>2,5</sub>	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	<S00	HRAPIE	1,062 (1,040-1,083)
		Mortalità cause cardiovascolari (popolazione >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 polmoni	C33-C34	WHO	1,09 (1,04-1,14)
NO <sub>2</sub>	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	<S00	HRAPIE	1,055 (1,031-1,08)

### 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)<sup>12</sup>.

Inquinante	Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 i dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio. 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 PM<sub>10</sub>, dal 2005 per il PM<sub>2,5</sub> e dal 2002 per l'NO<sub>2</sub>. mentre per l'O<sub>3</sub> sono stati utilizzati i dati della centralina dei Giardini Margherita di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2003.

L'andamento temporale dell'impatto è stato studiato utilizzando un modello di regressione lineare.

### 3.4 Limiti della valutazione

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. diabete<sup>14-15</sup>, ipertensione<sup>16</sup>, nascite pretermine e il basso peso alla nascita<sup>17-19</sup>, disturbi neurologici<sup>15,20-21</sup> compresa la demenza, neuropsichiatrici come l'autismo e altri tumori<sup>21-23</sup>, le cui associazioni con l'inquinamento atmosferico sono emerse in studi recenti. Non vengono neppure considerati gli effetti sulle categorie più vulnerabili<sup>24</sup> e sui soggetti di basso livello socioeconomico<sup>25</sup> e 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 RR pubblicati nella letteratura internazionale che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2019 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>26-35</sup>. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati.



## 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 dati sulla popolazione media residente nel 2019 ed i tassi grezzi degli effetti da misurare.

Nel 2019 i residenti nella Città Metropolitana di Bologna sono:

Popolazione <sup>36</sup> (aggiornato 3/08/2020)	1/1/2019	1/1/2020	media nel 2019
Tutte le età	1.016.792	1.019.875	1.018.334
Età >30 anni	749.864	751.512	750.688

Nel 2019 i residenti deceduti<sup>37</sup> in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi (rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo) per 100.000 sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo mortalità x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	10.992	1.079,4
>30 anni	10.951	1.458,8
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	3.669	360,3
>30 anni	3.666	360,0
Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	1.188	116,7
Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33 e C34) >30 anni	612	60,1

Il numero totale di ricoveri in regime ordinario ed il relativo tasso grezzo per 100.000 che si osserva tra i residenti nella Città Metropolitana in strutture sanitarie dello stesso territorio sono:

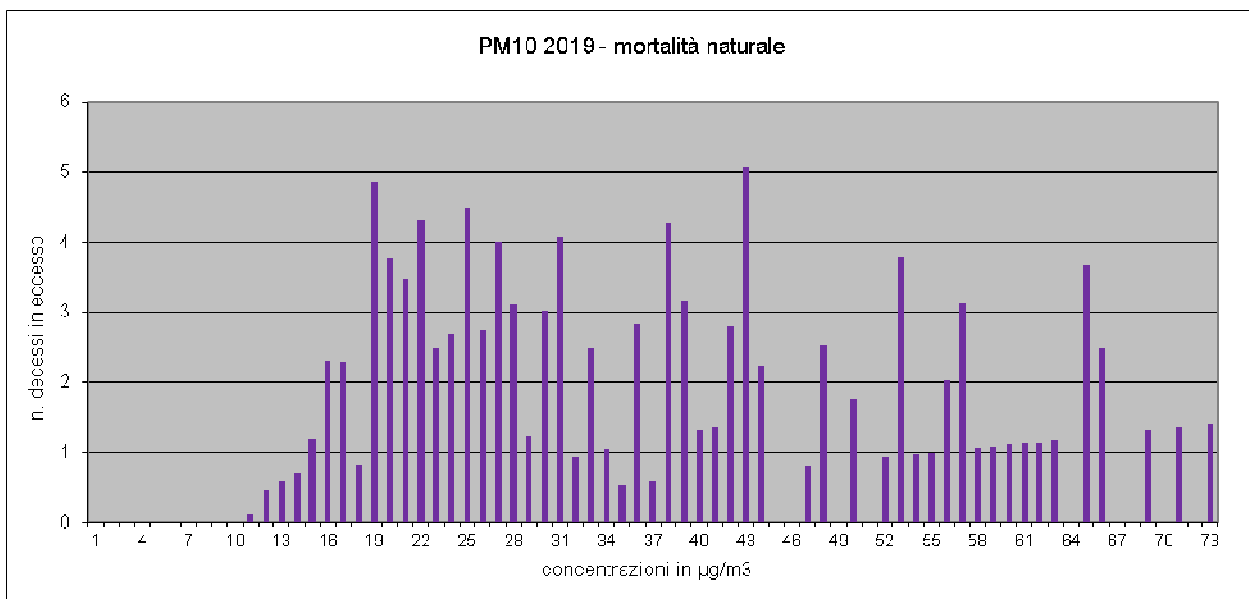
Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso grezzo ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	12.600	1.237,3
(ICD IX 390-459)	20.080	1.971,8
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	13.607	1.336,2

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

Nel 2019 nella Città Metropolitana di Bologna, alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup>, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM<sub>10</sub> è pari a 57 (IC95% 47-66), corrispondente ad un RA% dello 0,51%. Il numero di morti in eccesso attribuibili al PM<sub>10</sub> 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.

Città Metropolitana, 2019	Valore limite di PM10 (µg/m3), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
<b>Mortalità Naturale</b>			
N decessi (IC 95%)	13 (11-15)	57 (47-66)	115 (97-134)
RA% (IC95%)	0,12 (0,10-0,14)	0,51 (0,43-0,60)	1,05 (0,88-1,22)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 115 morti in eccesso alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>. Il 69% (n=79) dei morti in eccesso avviene ad esposizioni inferiori a 40 µg/m<sup>3</sup>.



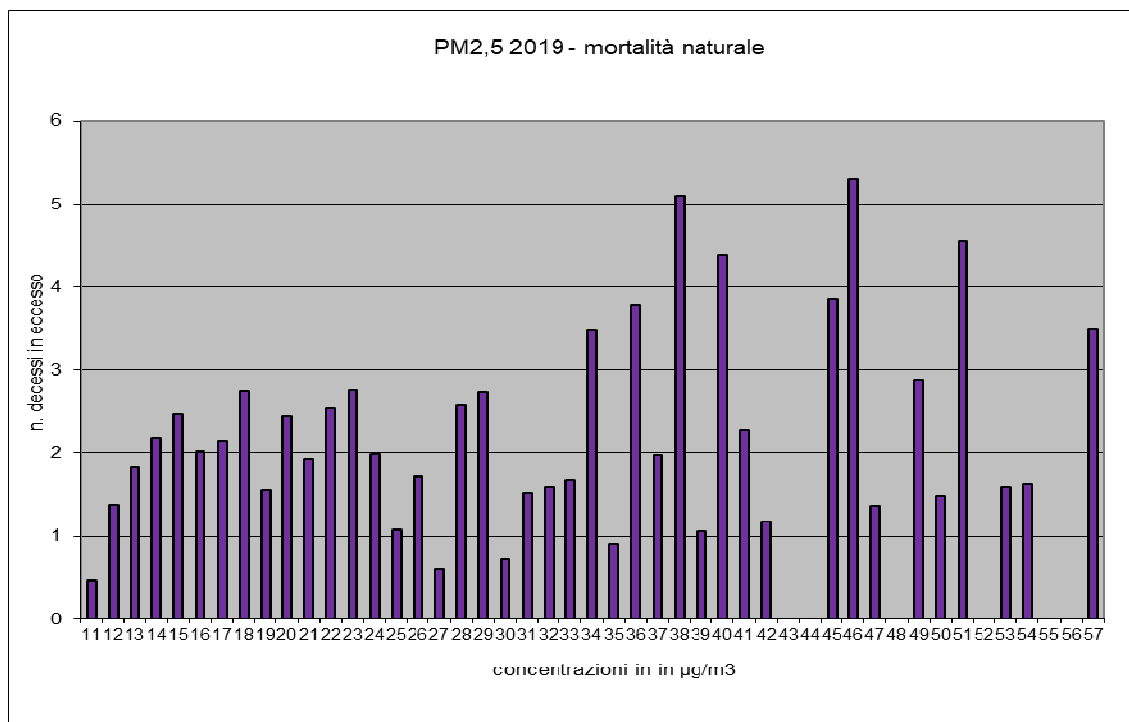
### 4.3 Impatto a breve termine del $PM_{2,5}$

Alla soglia di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il numero di morti attribuibili al  $PM_{2,5}$  è di 93, corrispondente allo 0,85% di tutti i decessi per cause naturali.

Il  $PM_{2,5}$  ha un impatto maggiore sui ricoveri per patologie respiratorie rispetto a quelle cardiovascolari.

Città Metropolitana, 2019	Valore limite di $PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)	
	>20	>10
<b>Mortalità naturale</b>		
N. decessi (IC 95%)	42 (16-70)	93 (34-152)
RA% (IC 95%)	0,39 (0,14-0,63)	0,85% (0,31-1,38)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
N ricoveri (IC 95%)	81 (0-173)	178 (0-375)
RA % (IC95%)	0,60 (0-1,27)	1,31 (0-2,76)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
N ricoveri (IC 95%)	57 (11-105)	126 (23-229)
RA % (IC95%)	0,29 (0,05-0,52)	0,63 (0,12-1,14)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 93 morti in eccesso alla soglia di  $PM_{2,5}$  maggiore di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , circa il 50% dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $PM_{2,5}$ .

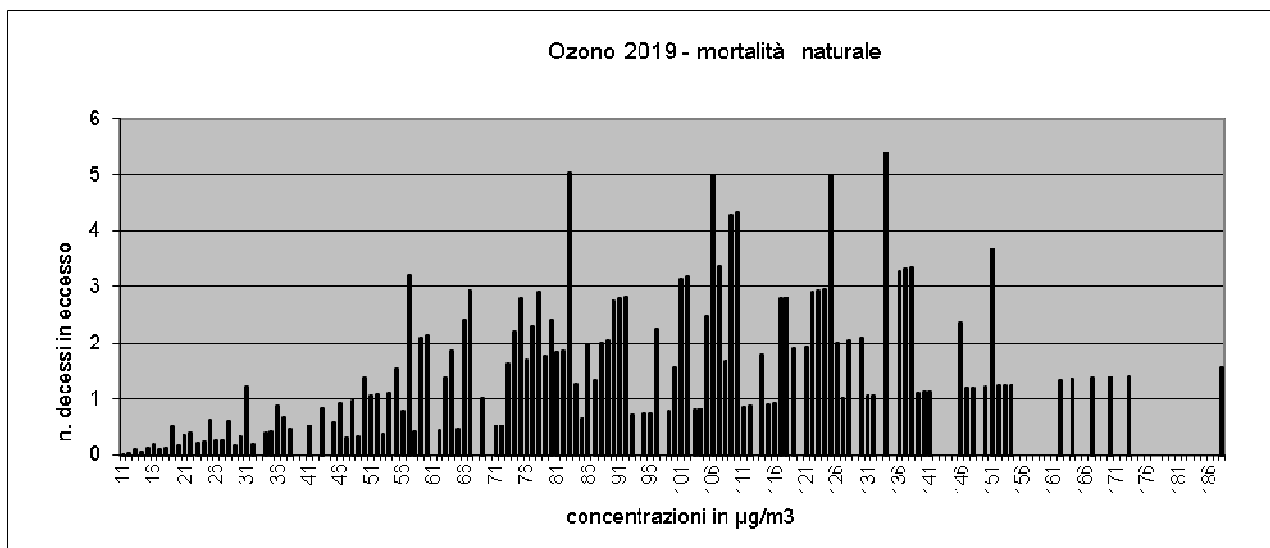


#### 4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> di ozono si evidenzia il RA% dello 0,55% per la mortalità naturale, dello 0,93% e dello 0,55% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria. I ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup> sono 114 per le patologie respiratorie e 213 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,84 e l'1,69% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

Città Metropolitana, 2019	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>			
N decessi (IC 95%)	15 (7-22)	60 (29-90)	198 (96-293)
RA% (IC 95%)	0,13 (0,06-0,2)	0,55 (0,27-0,82)	1,81 (0,87-2,67)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
N decessi (IC 95%)	8 (2-15)	34 (9-59)	111 (30-192)
RA% (IC95%)	0,23 (0,06-0,4)	0,93 (0,25-1,61)	3,04 (0,81-5,23)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
N decessi (IC 95%)	2 (0-4)	7 (0-16)	21 (0-51)
RA% (IC95%)	0,13 (0-0,33)	0,55 (0-1,33)	1,81 (0-4,32)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>			
N ricoveri (IC 95%)	28 (4-53)	114 (18-215)	372 (60-695)
RA% (IC95%)	0,2 (0,03-0,39)	0,84 (0,13-1,58)	2,73 (0,44-5,1)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>			
N ricoveri (IC 95%)	52 (29-75)	213 (120-304)	689 (390-974)
RA% (IC95%)	0,41 (0,23-0,59)	1,69 (0,95-2,45)	5,47 (3,1-7,73)

La figura mostra come sono distribuiti i 198 morti in eccesso alla soglia di O<sub>3</sub> maggiore di 10 µg/m<sup>3</sup>. A differenza dei decessi attribuibili alle polveri, i decessi in eccesso attribuibili all'ozono sono distribuiti anche a concentrazioni più alte.

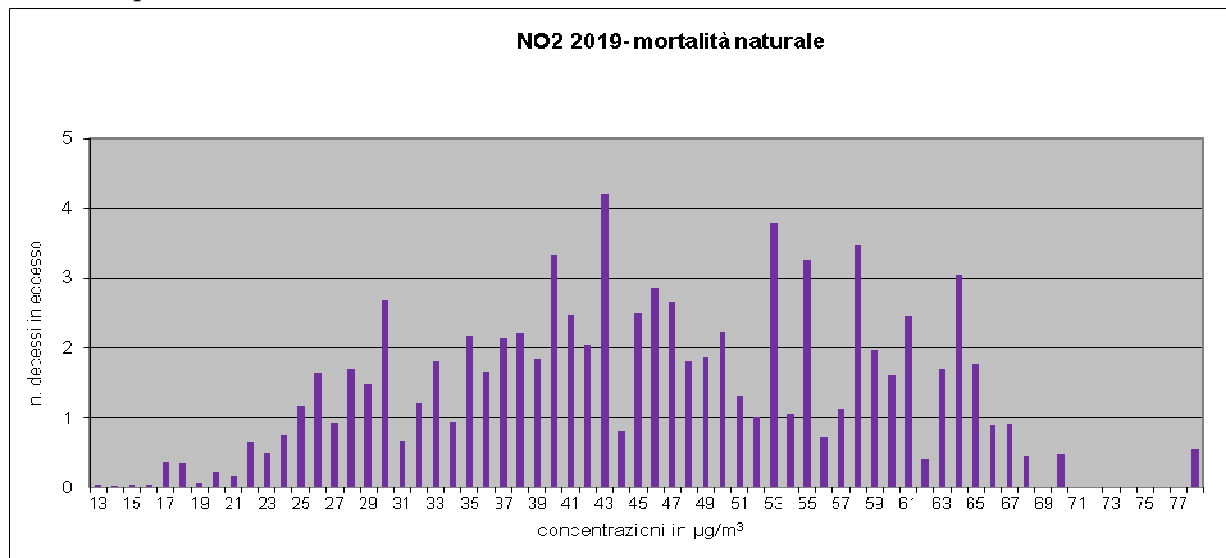


#### 4.5 Impatto a breve termine del **Biossido d'Azoto**

I decessi in eccesso alla soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> sono 58 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 160.

Città Metropolitana, 2019	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>		
N decessi (IC 95%)	58 (34-81)	86 (51-121)
RA% (IC 95%)	0,52 (0,31-0,74)	0,79 (0,47-1,1)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
N ricoveri (IC 95%)	160 (102-217)	363 (233-491)
RA% (IC 95%)	1,17 (0,75-1,59)	2,67 (1,71-3,61)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti gli 86 morti in eccesso alla soglia di 10 µg/m<sup>3</sup>. 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  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $\text{PM}_{2,5}$  nel 2019. 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	84,86	0,29 ( 0,19 – 0,39 )	0,34
5	80,09	0,29 ( 0,19 – 0,39 )	0,36
10	75,10	0,29 ( 0,19 – 0,39 )	0,39
20	65,14	0,29 ( 0,19 – 0,39 )	0,45
30	55,22	0,29 ( 0,19 – 0,39 )	0,53
50	35,59	0,28 ( 0,19 – 0,38 )	0,79
65	21,84	0,26 ( 0,17 – 0,34 )	1,19
80	10,18	0,19 ( 0,13 – 0,26 )	1,87
100	2,63	0,09 ( 0,06 – 0,12 )	3,42

Un bambino nato nel 2019 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di più di 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,29 (IC 95% 0,19-0,39) anni (tre mesi e mezzo circa) vengono persi con livelli di  $\text{PM}_{2,5}$  pari a quelli del 2019. 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 lo 0,8% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e raggiunge l’1,9% dopo gli 80 anni.

I decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del  $\text{PM}_{2,5}$  sono:

Città Metropolitana, 2019	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N morti (IC 95%)	362 (237-477)	185 (96-267)	60 (0-131)	28 (13-42)
RA% (IC 95%)	3,30 (2,17-4,35)	5,03(2,61-7,3)	5,03(0-11,01)	4,56 (2,1-6,86)

### Impatto a lungo termine del biossido di azoto

Città Metropolitana, 2019	Mortalità naturale
Stima N morti (IC 95%)	292 (168-418)
RA% (IC 95%)	2,67 (1,53-3,82)

## VIS per il Comune di Bologna (riprendere da qui)

### 5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione<sup>36</sup>, per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione <sup>1</sup>	Al 1/01/2019	Al 1/1/2020	media nel 2019
Tutte le età	390.636	391.984	391.310
Età >30 anni	291.871	292.290	292.081

Il numero di residenti, morti<sup>37</sup> 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	4.409	1126,7
>30 anni	4.392	1503,7
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1.444	369,0
Mortalità per malattie apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	513	131,1
Mortalità per tumore bronchi/polmone (ICD X C33 e C34) >30 anni	241	61,6

Il numero di residenti del Comune di Bologna ricoverati in regime ordinario nel 2019 nel territorio provinciale sono:

Cause ricoveri	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	5.049	1290,3
(ICD IX 390-459)	8.029	2051,8
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	5.367	1371,5

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

A Bologna, si stimano 23 decessi (IC 95% 19-27) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM<sub>10</sub>, corrispondenti allo 0,52% dei decessi per tutte le cause naturali, se consideriamo 20 µg/m<sup>3</sup> come soglia di "non effetto".

Comune di Bologna, 2019	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>			
N decessi (IC 95%)	5 (5-6)	23 (19-27)	47 (39-54)
RA% (IC95%)	0,12 (0,10-0,14)	0,52 (0,44-0,61)	1,06 (0,90-1,23)

### 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 considerando la soglia di 10 µg/m<sup>3</sup> è di 35. Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM<sub>2,5</sub> sono attribuibili l'1,23% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,59% di quelli per cause cardiovascolari.

<sup>1</sup> Dato aggiornato al 09/06/2019

Comune di Bologna, 2019	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 decessi (IC 95%)	16 (6-26)	35 (13-57)
RA%(IC 95%)	0,36 (0,13-0,59)	0,80 (0,29-1,30)
<b>Ricoveri per patologie respiratorie</b>		
N ricoveri (IC 95%)	30 (0-64)	66 (0-140)
RA%(IC 95%)	0,56 (0-1,20)	1,23 (0-2,61)
<b>Ricoveri per patologie cardiovascolari</b>		
N ricoveri (IC 95%)	22 (4-39)	47 (9-86)
RA%(IC 95%)	0,27 (0,05-0,49)	0,59 (0,11-1,08)

#### 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 0,54% della mortalità. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m<sup>3</sup>, le stime dei RA% raggiungono l'1,66% per le malattie cardiovascolari e lo 0,82% per quelle respiratorie.

Comune di Bologna, 20197	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>			
N decessi (IC 95%)	7 (3-10)	24 (11-35)	77 (37-113)
RA% (IC 95%)	0,15 (0,07-0,23)	0,54 (0,26-0,8)	1,74 (0,84-2,57)
<b>Mortalità Cardiovascolare</b>			
N decessi (IC 95%)	4 (1-6)	13 (3-23)	42 (11-73)
RA% (IC 95%)	0,26 (0,07-0,45)	0,91 (0,24-1,59)	2,93 (0,78-5,04)
<b>Mortalità Respiratoria</b>			
N decessi (IC 95%)	1 (0-2)	3 (0-7)	9 (0-21)
RA% (IC 95%)	0,15 (0-0,37)	0,54 (0-1,31)	1,74 (0-4,16)
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>			
N ricoveri (IC 95%)	12 (2-24)	44 (7-83)	141 (23-264)
RA% (IC95%)	0,23 (0,04-0,44)	0,82 (0,13-1,55)	2,63 (0,42-4,93)
<b>Ricoveri per malattie cardiovascolari</b>			
N ricoveri (IC 95%)	24 (13-34)	84 (47-120)	266 (151-377)
RA% (IC95%)	0,47 (0,26-0,67)	1,66 (0,93-2,38)	5,28 (2,99-7,47)

### 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 12 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 93.

Comune di Bologna, 2019	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>		
N morti (IC 95%)	30 (18-43)	42 (25-59)
RA% (IC 95%)	0,69 (0,41-0,97)	0,95 (0,57-1,34)
<b>Ricoveri per malattie respiratorie</b>		
N ricoveri (IC 95%)	93 (60-126)	179 (115-242)
RA% (IC 95%)	1,74 (1,11-2,35)	3,34 (2,15-4,51)

### 5.6 Impatto a lungo termine del PM<sub>2,5</sub>

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<sub>2,5</sub> nel 2019, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m<sup>3</sup> e la “percentuale (%) d’impatto” sulla speranza di vita degli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM<sub>2,5</sub>.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi (IC 95 %)	% impatto
0	85,03	0,28 ( 0,18 – 0,37 )	0,33
5	80,35	0,28 ( 0,18 – 0,37 )	0,35
10	75,38	0,28 ( 0,18 – 0,37 )	0,37
20	65,43	0,28 ( 0,18 – 0,37 )	0,43
30	55,50	0,28 ( 0,18 – 0,37 )	0,50
50	35,84	0,27 ( 0,18 – 0,36 )	0,75
65	22,11	0,24 ( 0,16 – 0,32 )	1,09
80	10,51	0,18 ( 0,12 – 0,24 )	1,71
100	2,92	0,09 ( 0,06 – 0,12 )	3,08

Si desume che un bambino nato nel 2019 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vita di 85 anni. Di questi però 0,28 (IC 95% 0,18-0,37) anni, ossia quasi 3 mesi e mezzo, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM<sub>2,5</sub> del 2019.



Di seguito il numero di decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM2,5

Comune di Bologna, 2019	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N morti (IC 95%)	135 (89-178)	66 (34-96)	23 (0-51)	10 (5-15)
RA% (IC 95%)	3,08 (2,03-4,06)	4,57 (2,37-6,63)	4,57 (0-10,02)	4,14 (1,91-6,23)

## 5.6 Impatto a lungo termine del biossido di azoto

Impatto a lungo termine del biossido di azoto

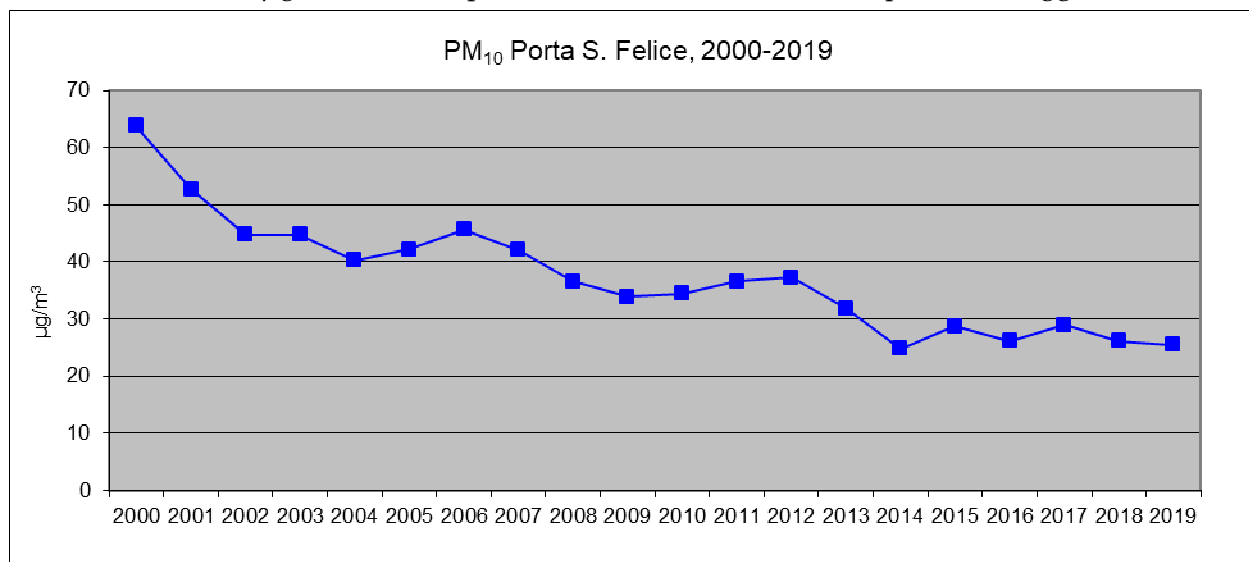
Comune di Bologna, 2019	Mortalità naturale
Stima N morti (IC 95%)	204 (118-291)
RA% (IC 95%)	4,66 (2,68-6,62)

## Confronto temporale

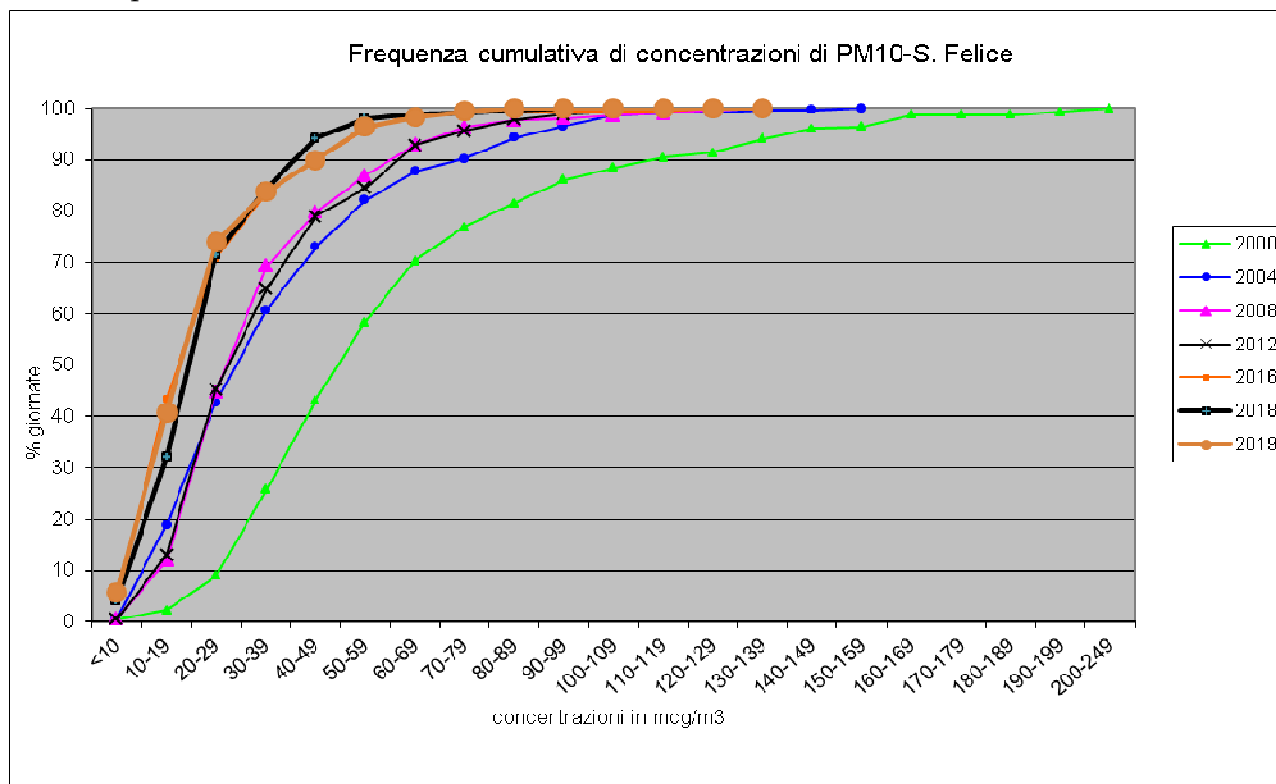
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità.

### PM<sub>10</sub>

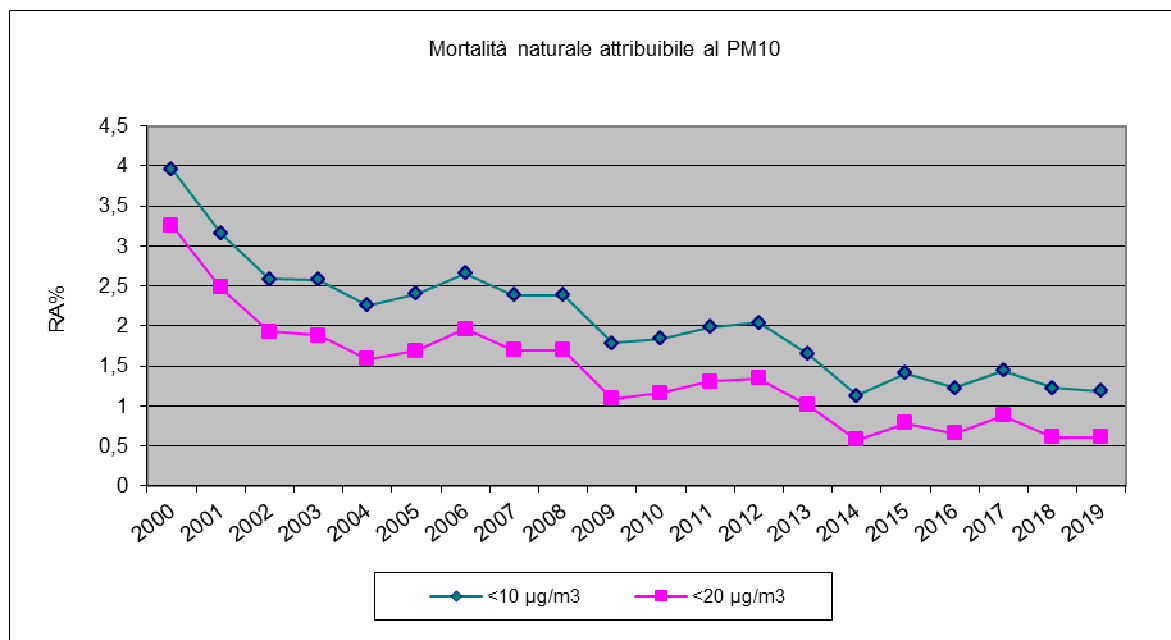
Nel periodo 2000-2019, come si vede nel grafico, le concentrazioni di PM<sub>10</sub> evidenziano un trend in diminuzione ( $-1,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  all'anno,  $p < 0,0001$ ) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.



Dal 2014 le concentrazioni sono più stabili. In parallelo, come si vede dal grafico, è aumentata la percentuale di giornate con valori di concentrazione più bassi rispetto ai primi anni duemila. Complessivamente nel 2019 il numero di giornate con valori inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  raggiunge il 90%, nel 2000 queste costituivano il 50%.

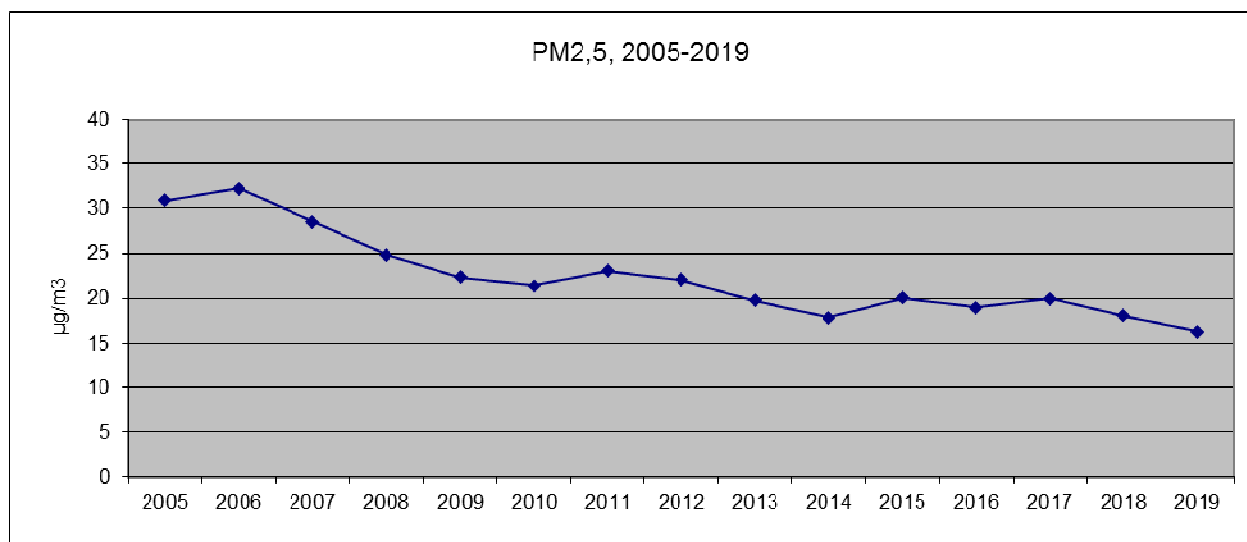


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM<sub>10</sub>, complessivamente dal 2000 si è osservato un decremento del RA% ( $p < 0,001$ ); il decremento riguarda soprattutto il primo periodo, negli ultimi anni infatti i valori hanno solo delle lievi oscillazioni inter-annuali.

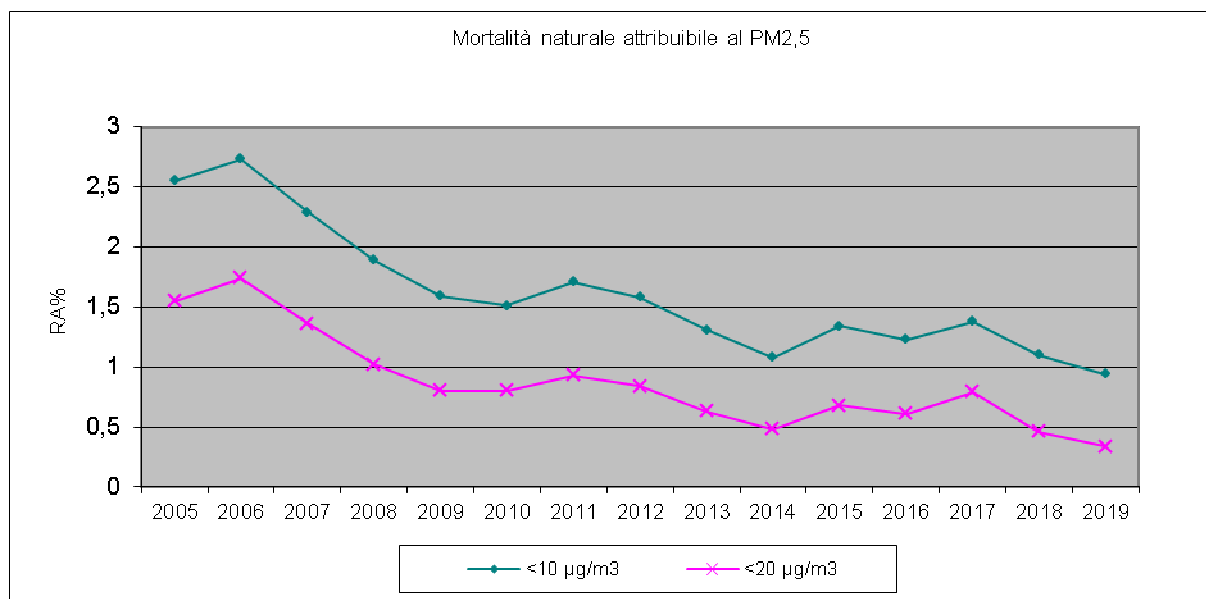


## PM<sub>2,5</sub>

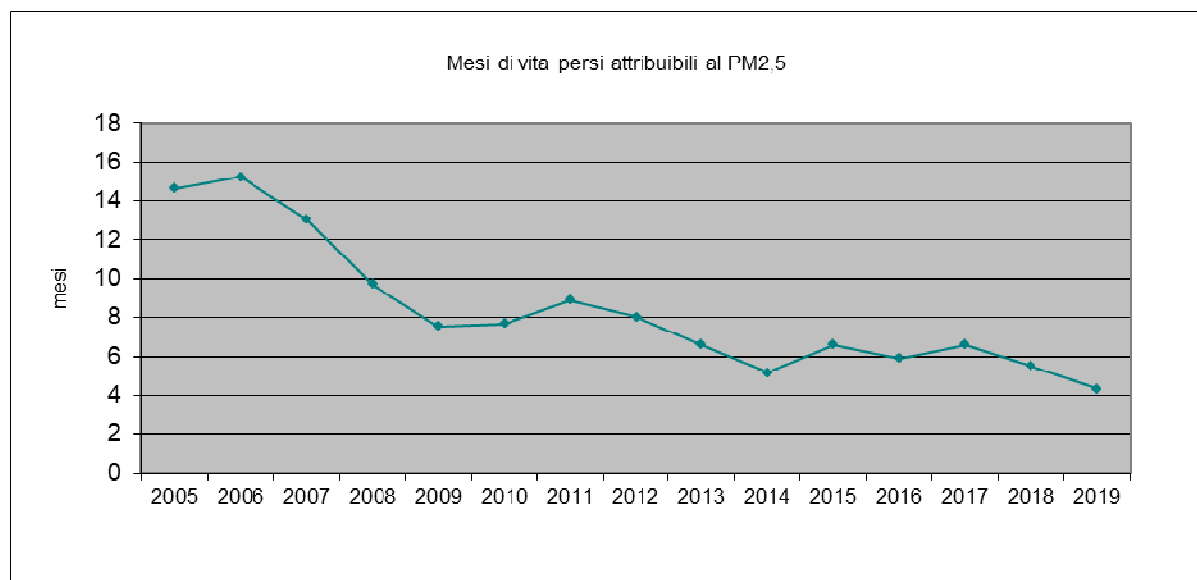
Nel periodo 2005-2019 le concentrazioni del PM<sub>2,5</sub> mostrano complessivamente un trend (-0,99,  $p < 0,001$ ) in riduzione con il valore più basso nel 2019.



La mortalità attribuibile segue conseguentemente un andamento simile.

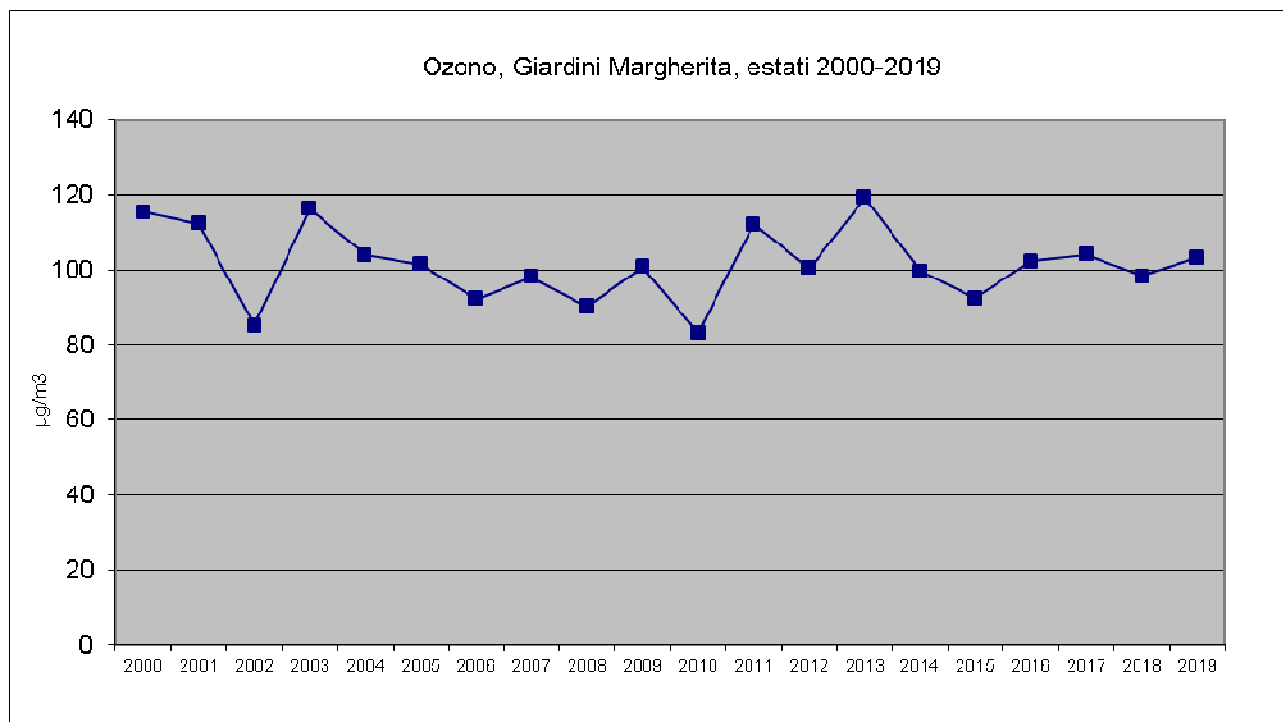


Per quanto riguarda l'impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all'esposizione al PM<sub>2,5</sub> (concentrazioni di Porta San Felice), si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori inferiori ai 6 mesi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

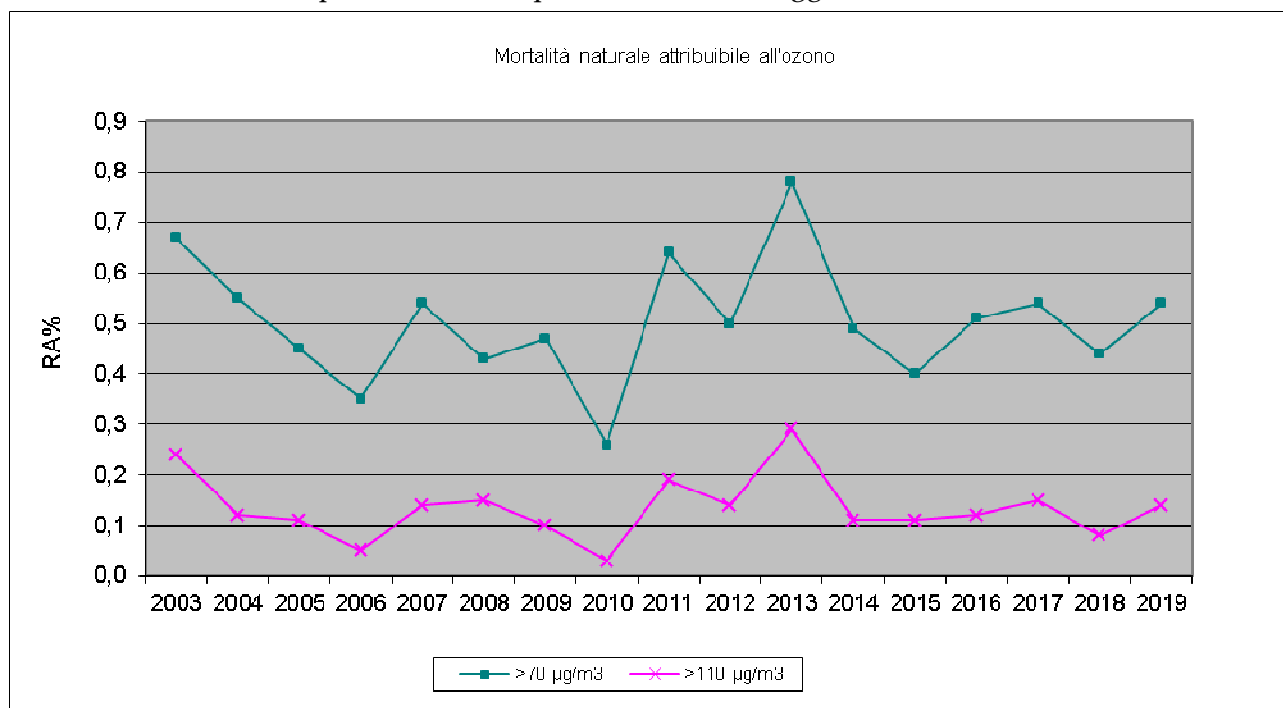


### O<sub>3</sub>

Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2019 rilevate presso la centralina dei Giardini Margherita non emerge alcun trend di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando l'analisi ai soli dati estivi.

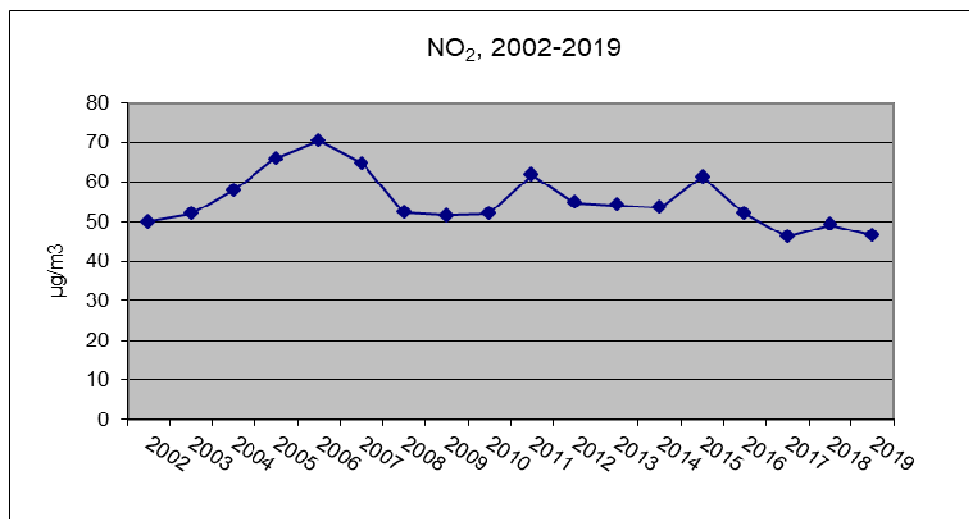


Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.

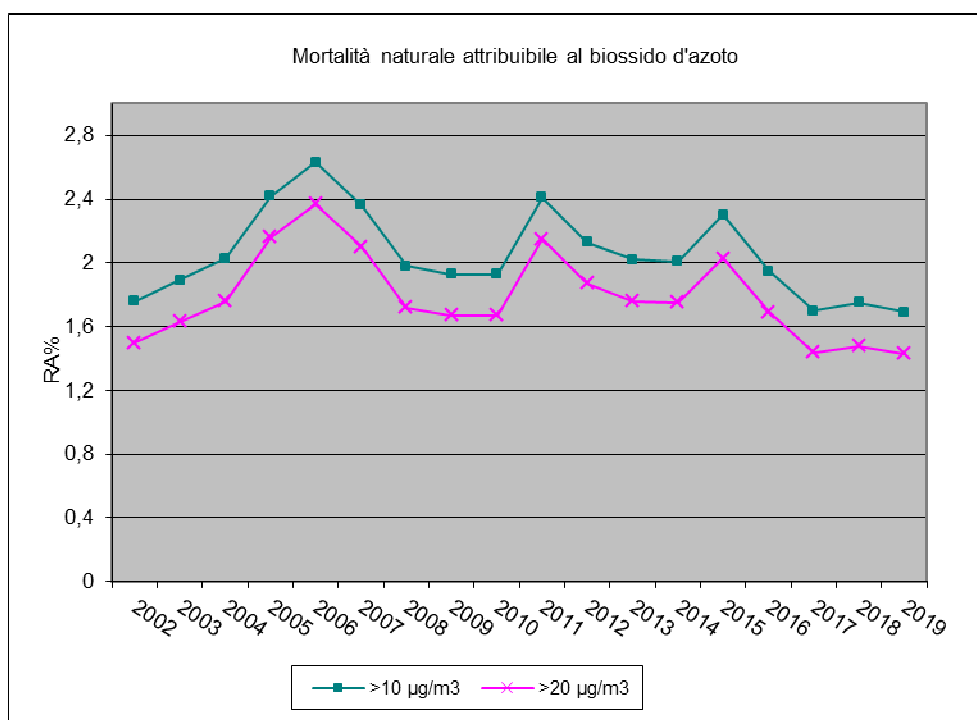


## NO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO<sub>2</sub>, la serie storica rilevata nel periodo 2002-2019 non evidenzia un chiaro trend in diminuzione o in aumento delle concentrazioni con variazioni inter annuali e i valori più bassi si registrano nel 2017 e nell'ultimo anno.

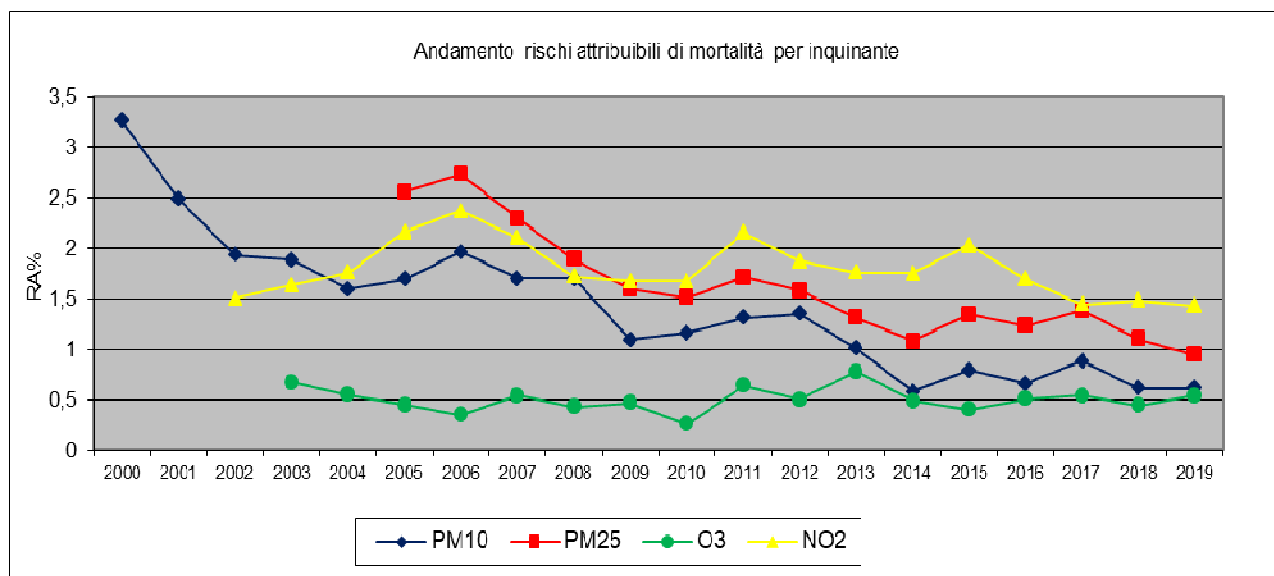
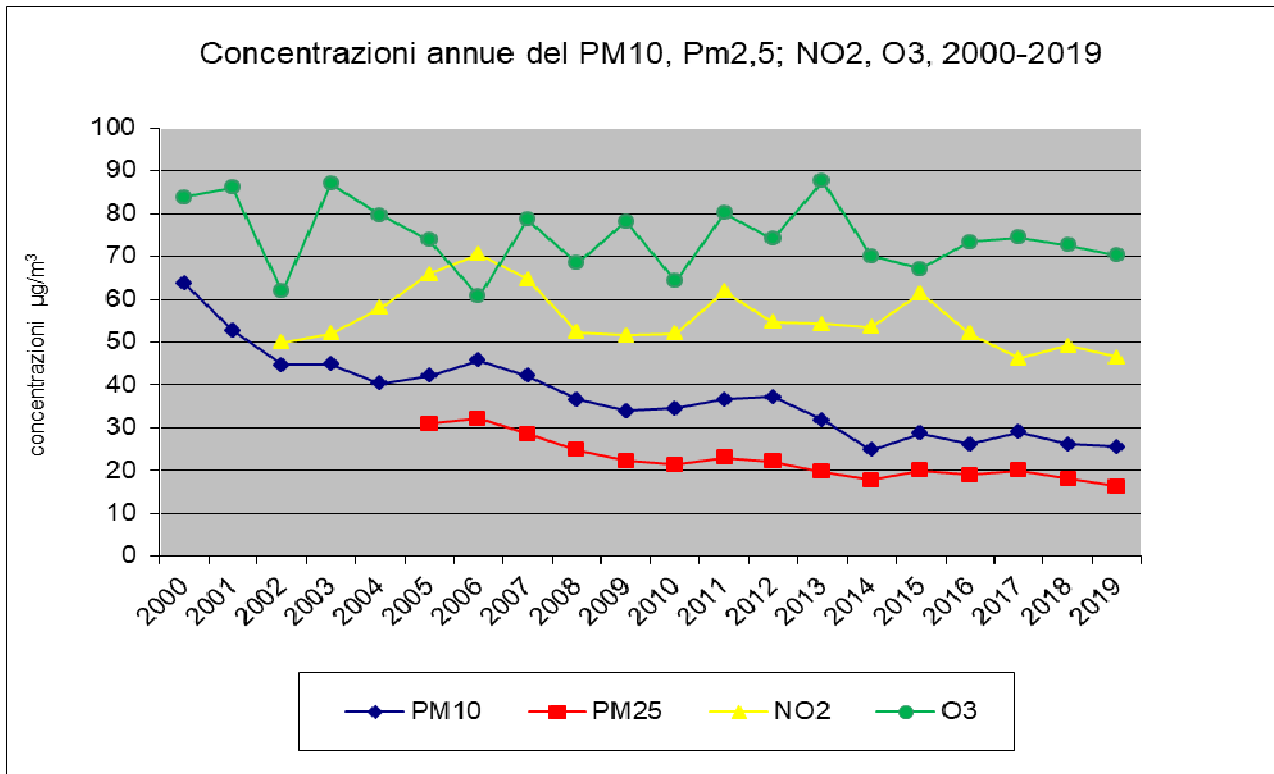


Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori che nel 2019 diminuiscono leggermente rispetto all'anno precedente.



## PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>

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



## Conclusioni

Nel 2019 si osserva che per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> i valori sono stati rispettati in tutte le stazioni della Città Metropolitana, inclusa la stazione di traffico Porta San Felice nell'agglomerato di Bologna, con valori in linea a quelli dell'ultimo quinquennio. Anche i valori relativi agli altri inquinanti (PM<sub>2,5</sub>, monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, nichel e piombo) sono rimasti entro i limiti di legge in tutte le stazioni di rilevamento sul territorio metropolitano<sup>10</sup>.

Le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto risultano essere, come nell'anno precedente, entro i limiti di legge del valore annuale (40 µg /m<sup>3</sup>) in tutte le centraline ad eccezione di quella di Porta San Felice. Sono invece rispettati in tutte le stazioni gli altri valori limite (media oraria di 200 µg /m<sup>3</sup> e soglia di allarme di 400 µg/m<sup>3</sup>). Per l'ozono nel 2019 non sono mai stati registrati superamenti della soglia di allarme (media oraria di 240 µg /m<sup>3</sup>). Al contrario, per quanto riguarda la soglia di informazione (media oraria di 180 µg /m<sup>3</sup>) nel 2019 sono stati registrati superamenti nelle stazioni di Via Chiarini, Giardini Margherita e San Pietro Capofiume. Nel 2019 ci sono stati inoltre superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute, pari a 120 µg /m<sup>3</sup> di media massima giornaliera su 8 ore, in tutte le stazioni, sebbene molto ridotti nella stazione di Castelluccio<sup>10</sup> (solo 5); si riscontra inoltre un netto incremento del numero di superamenti rispetto all'anno precedente

A livello meteorologico nel 2019 ci sono stati più giorni, rispetto al 2018 favorevoli all'accumulo di PM<sub>10</sub> in particolare nell'area di Bologna. Stabile invece il numero di giorni meteorologicamente favorevoli alla formazione di ozono<sup>10</sup>.

Complessivamente i dati sulla qualità dell'aria indicano un complessivo miglioramento della qualità dell'aria rispetto ai primi anni 2000 per il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, il benzene e le polveri sia a livello della Regione Emilia Romagna che del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Non si evincono invece trend univoci per l'ozono ed il biossido di azoto. Di riflesso, anche l'impatto sanitario presentato in questo rapporto segue un simile andamento: un trend in diminuzione dell'impatto sanitario delle polveri e la sostanziale stabilità, pur con oscillazioni inter-annuali, dell'impatto sanitario esercitato dall'ozono (O<sub>3</sub>) e dal biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

Tuttavia, nonostante i miglioramenti nel tempo, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute e la sua riduzione deve rimanere un obiettivo su più livelli. Questo rapporto evidenzia infatti che nel Comune e nella Città Metropolitana di Bologna nel 2019 la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti va dallo 0,51% per il PM<sub>10</sub> allo 0,85% del PM<sub>2,5</sub>, mentre all'esposizione a lungo termine è attribuibile oltre il 3% di mortalità con una riduzione della speranza di vita alla nascita di 3 mesi e mezzo circa.

L'inquinamento atmosferico è solo uno dei problemi ambientali attuali e la sua soluzione deve inevitabilmente tenere in considerazione la questione dei cambiamenti climatici. Il consenso del mondo scientifico sul fatto che i cambiamenti climatici abbiano effetti negativi sulla salute è ormai generale. L'Oms stima che per i prossimi anni i cambiamenti climatici colpiranno la salute di milioni di persone per effetti sia diretti che indiretti interessando in modo particolare le popolazioni che vivono nelle grandi città, più esposte all'inquinamento, e quelle che vivono nelle aree montuose o costiere, ad alto rischio idro-geologico. Soggetti di basso livello economico, bambini, anziani e malati rimangono categorie più a rischio rispetto al resto della popolazione (ISS). Tale emergenza non coinvolge solo l'uomo ma anche la fauna la flora e la terra tutta, e richiede quindi un impegno globale per contrastare quanto sta avvenendo.



## 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. Arpae. Rete regionale di monitoraggio e valutazione della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2019.
11. 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>
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. RespiraMi. Air pollution and our health. Conferenza, Milano 27-28 gennaio 2017
16. 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.
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 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017.

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. International Society for Environmental Epidemiology. ISEE 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology. Rome 2017
23. [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.
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. 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.
26. 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.
27. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015; 26:556-564
28. 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* 2015; 123:467-474.
29. Sarnat S E, Winquist A, Schauer JJ et al. Fine Particulate Matter Components and Emergency Department Visits for Cardiovascular and Respiratory Diseases in the St. Louis, Missouri–Illinois, Metropolitan Area. *Environ Health Perspect* 2015; 123:437-444.
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;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 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.
36. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<https://statistica.regione.emilia-romagna.it/servizi-online/statistica-self-service/popolazione/popolazione-per-eta-e-sesso/>).
37. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola.
38. WHO COP 24 Special Report: Health & Climate, 2018.