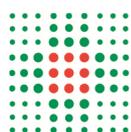


VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA 2020



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, 2020

A cura di:

Elisa Stivanello¹, Federica Bergamini², Vincenza Perlangeli¹, Roberta Santini², Paolo Pandolfi³

¹UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

²Programma Ambiente e Salute - Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

³Dipartimento 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 Arpa e del Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Imola

Per informazioni:

elisa.stivanello@ausl.bologna.it; paolo.pandolfi@ausl.bologna.it

luglio 2021

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	7
VIS per la Città Metropolitana di Bologna.....	10
VIS per il Comune di Bologna	15
Confronto temporale	19
Considerazioni	26
Breve glossario	29
Bibliografia	30

Premessa

E' ormai accertato che l'ambiente è uno dei determinanti fondamentali dello stato di salute; il riscaldamento globale, gli eventi climatici estremi, le ondate di calore e l'inquinamento atmosferico sono riconosciuti come fattori di rischio per la salute. Numerosi studi, anche recenti, hanno confermato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità, sulla morbilità e sul ricorso ai servizi sanitari per diverse cause con effetti più importanti evidenziati soprattutto nelle categorie più fragili quali bambini, anziani o soggetti con patologie croniche¹⁻⁸.

Dal 2003 il Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Bologna produce questo rapporto 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 stimato in termini di mortalità, ricoveri ospedalieri e anni di vita persi della popolazione residente nel 2020 nella Città Metropolitana di Bologna; è stato calcolato sia per il breve che per il lungo termine e confrontato con le stime degli anni precedenti. L'impatto 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 PM₁₀, il PM_{2,5} il biossido d'azoto (NO₂) e l'ozono (O₃). Come in tutte le valutazioni di impatto (VIS), si sottolinea che le stime poggiano su varie assunzioni e per questo è necessario considerarle come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno più che come valori esatti.

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.

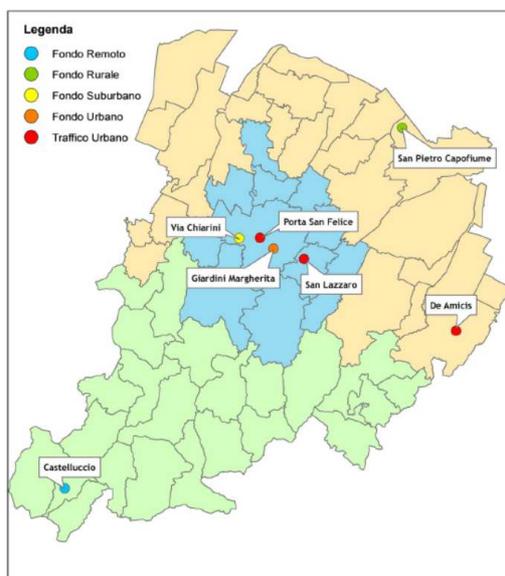
Indicatori dell'inquinamento atmosferico

Le informazioni sulle concentrazioni del PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃ derivano dalla rete delle centraline Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città Metropolitana di Bologna. Nel 2020 erano operative le seguenti centraline⁹:

Rete centraline Arpae, Città Metropolitana, 2020		Inquinanti			
		PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Bologna	Giardini Margherita	•	•*	•	•*
	Porta San Felice	•	•*		•*
	Via Chiarini	•		•	•*
San Lazzaro – Poggi		•			•*
Molinella – San Pietro Capofiume		•	•*	•	•*
Imola – De Amicis		•			•*
Alto Reno Terme – Castelluccio		•	•	•	•

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

In figura si evidenzia la loro localizzazione



Fonte Arpae⁹

Ai fini di questa valutazione, la centralina di Alto Reno 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 rapporto annuale sulla qualità dell'aria di Arpae⁹.

Valori medi delle centraline in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2020

		Città Metropolitana di Bologna	Comune di Bologna
PM ₁₀	N. dati validi	366	366
	Media annua	24,62	23,68
	Massima annua	101,83	105,00
	Giorni >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	36	30
PM _{2,5}	N. dati validi	366	366
	Media annua	16,47	15,65
	Massima annua	87,33	90
Ozono	N. dati validi	366	365
	Media annua	45,02	44,85
	Max media 8 h	154,92	173,63
	Giorni con media max 8h >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	33	34
NO ₂	N. giorni validi	366	366
	Media annua	23,53	25,29
	Massima oraria	83,50	77,00

Metodi

L'impatto è stato valutato in termini di:

- 1) numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare o ritardare 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'esposizione¹⁰;
- 3) anni di vita persi, ossia il numero di anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal PM_{2,5} nel 2020 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m³.

Le stime del numero dei decessi o ricoveri ed il RA% sono state calcolate sia per il breve che per il lungo termine, gli anni di vita persi solo per il lungo termine. Per il calcolo degli indicatori d'impatto è stato utilizzato il software AirQ+vers 2.1 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"¹⁰.

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 se si tiene conto che il PM_{2,5} è parte del PM₁₀^{3, 11}. Lo stesso dicasi per l'impatto nel breve termine che a sua volta è compreso nell'impatto a lungo termine.

3.1 Esiti e rischi relativi

L'impatto è stato calcolato per la mortalità naturale (escludendo le cause 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. I codici delle patologie sono stati definiti in base al sistema di classificazione internazionale delle malattie: ICD-10 per i decessi dal 2009 e ICD-9 CM per i 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 Meeting¹¹⁻¹² o indicati in AirQ (versione 2.2.3 o + 2.1).

RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine:

Inquinante	Unità di misura (µg/m ³)	Esito/Impatto	Codici ICD-9 CM ICD-10	Fonte	RR (IC95%) per 10 µg/m ³
PM ₁₀	media giornaliera	Mortalità naturale	A00-R99	AirQ	1,0074 (1,0062-1,0086)
PM _{2,5}	media giornaliera	Mortalità naturale	A00-R99	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 ₃	media giornaliera max su 8 h	Mortalità naturale	A00-R99	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)
NO ₂	media max giornaliera	Mortalità naturale	A00-R99	HRAPIE	1,0027 (1,0016-1,0038)
	media annuale	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-10	Fonte	RR (IC95%) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2,5}	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	A00-R99	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 ₂	media annuale	Mortalità naturale (popolazione >30 anni)	A00-R99	Airq	1,041 (1,019-1,64)

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)¹¹.

Inquinante	Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ considerate come soglie di "non effetto"
PM ₁₀	10, 20 , 40
PM _{2,5}	10 , 20
Ozono	10, 70 , 110
NO ₂	10, 20

3.3 Confronti temporali

Per i confronti temporali sono stati considerati solo i dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio. 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 Porta S. Felice di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 per il PM₁₀, dal 2005 per il PM_{2,5} e dal 2002 per l'NO₂, mentre per l'O₃ sono stati utilizzati i dati della centralina dei Giardini Margherita di Bologna per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2003.

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. diabete¹³⁻¹⁴, ipertensione¹⁵, nascite pretermine e il basso peso alla nascita¹⁶⁻¹⁸, modifiche alla densità ossea¹⁹, disturbi neurologici²⁰⁻²¹ compresa la demenza²², neuropsichiatrici come l'autismo e altri tumori²³⁻²⁵, le cui associazioni con l'inquinamento atmosferico sono emerse in studi recenti¹⁻². Oggi circa il 65% delle persone con diabete vive nelle aree urbane (dati dell'International Diabetes Federation) oltre considerare come fattori di rischio gli errati consumi alimentari uniti a una vita sedentaria, particolare attenzione è rivolta all'impatto dell'inquinamento atmosferico, in particolare del PM_{2,5},

sul diabete di tipo 2^{26,27}. La città di Bologna ha aderito al progetto Cities Changing Diabetes²⁸ con l'obiettivo di sviluppare azioni di sensibilizzazione e promozione della salute per contrastare la diffusione del diabete urbano.

Non vengono neppure considerati gli effetti sulle categorie più vulnerabili²⁹ e sui soggetti di basso livello socioeconomico³⁰ 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)⁶.

Le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i RR pubblicati nella letteratura internazionale che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2020 e che potrebbero differire per una diversa composizione chimica delle polveri, per diverse situazioni meteorologiche, per il tempo trascorso all'esterno delle abitazioni, per l'uso di condizionatori e per la diffusione di inquinanti all'interno della casa³¹⁻³⁹. In valutazioni precedenti erano state fatte delle analisi utilizzando RR stimati in studi locali e non erano emerse differenze sostanziali negli impatti calcolati. RR più aggiornati potranno essere considerati con l'uscita delle prossime linee guida dell'OMS⁴⁰.

E' poi necessaria una certa cautela nel confrontare il numero di eventi attribuibili con quelli degli anni precedenti visto che il 2020 è stato caratterizzato dagli effetti diretti ed indiretti della pandemia da COVID-19 e le principali cause di decesso e di ospedalizzazione potrebbero infatti aver subito delle modifiche importanti in termini numerici sia assoluti che relativi⁴¹⁻⁴².

VIS per la Città Metropolitana di Bologna

4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri ospedalieri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario avere a disposizione i dati sulla popolazione media residente nel 2020 ed i tassi grezzi degli effetti da misurare.

Nel 2020 i residenti nella Città Metropolitana di Bologna sono:

Popolazione ⁴³ (aggiornato 14/06/2021)	1/1/2020	1/1/2021	media nel 2020
Tutte le età	1.019.875	1.018.542	1.019.209
Età >30 anni	751.512	751.294	751.403

Nel 2020 i residenti deceduti⁴⁴ 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 di mortalità (ICD-10)	Età	Numero	Tasso grezzo mortalità x 100.000
Mortalità naturale (A00-R99)	tutte le età	11.433	1122
	>30 anni	11.386	1515
Mortalità per malattie cardiovascolari (I00-I99)	tutte le età	3.910	384
	>30 anni	3.908	383
Mortalità per malattie apparato respiratorio (J01-J99)	tutte le età	1.108	109
Mortalità per tumore trachea, bronchi e polmone (C33 e C34)	>30 anni	538	53

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:

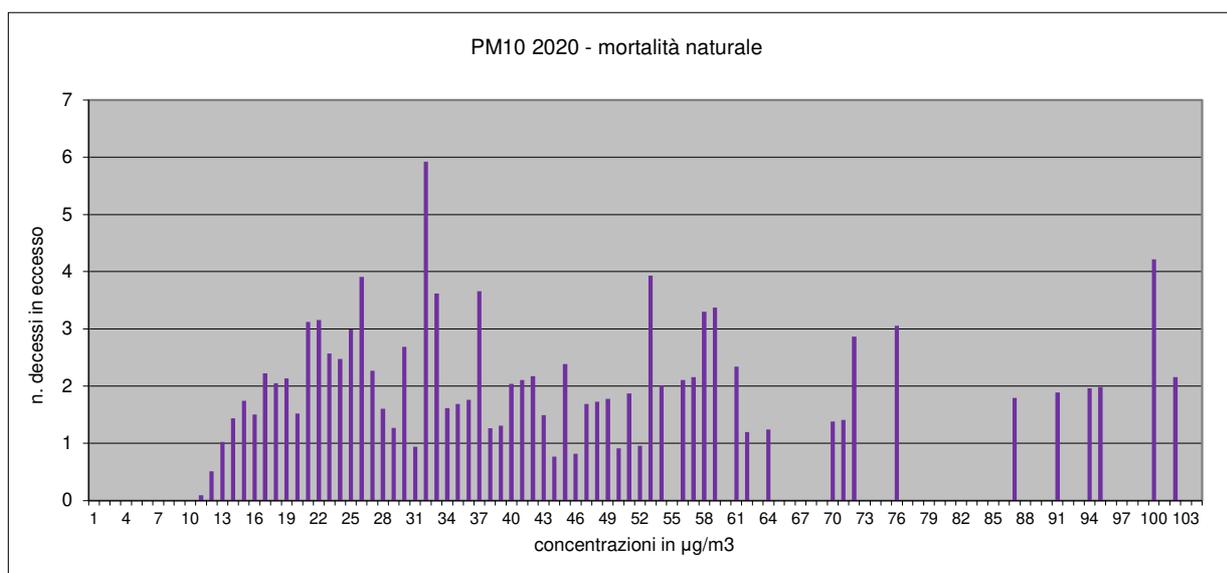
Cause di ricovero	(ICD-9 CM)	Numero (tutte le età)	Tasso grezzo ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari	(390-429)	9.071	890
	(390-459)	14.740	1.446
Malattie dell'apparato respiratorio	(460-519)	15.076	1.479

4.2 Impatto a breve termine del PM₁₀

Nel 2020 nella Città Metropolitana di Bologna, alla soglia di 20 µg/m³, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM₁₀ è pari a 72 (IC95% 60-83), corrispondente ad un RA% dello 0,63%. Il numero di morti in eccesso attribuibili al PM₁₀ diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione: tanto più alta è la soglia considerata "accettabile" tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento.

Città Metropolitana, 2020	Valore limite di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Mortalità Naturale			
N. decessi (IC 95%)	24 (20-28)	72 (60-83)	127 (107-148)
RA% (IC95%)	0,21 (0,18-0,25)	0,63 (0,52-0,73)	1,11 (0,93-1,29)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti i 127 morti in eccesso alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il 48.9% (n=62) dei morti in eccesso avviene ad esposizioni inferiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



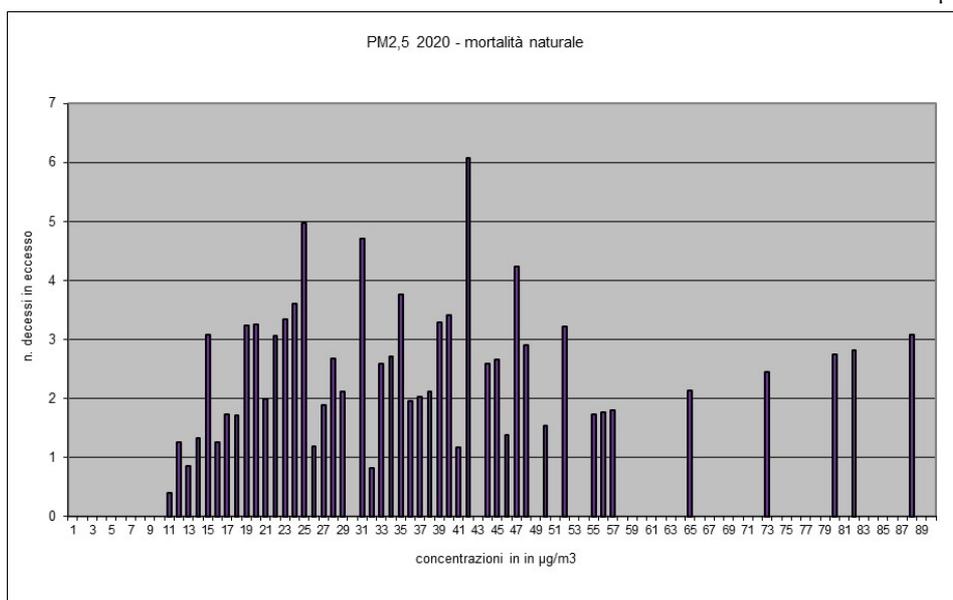
4.3 Impatto a breve termine del $\text{PM}_{2,5}$

Alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il numero di morti attribuibili al $\text{PM}_{2,5}$ è di 115, corrispondente all'1,00% di tutti i decessi per cause naturali.

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

Città Metropolitana, 2020	Valore limite di $\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera non si abbiano effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità naturale		
N. decessi (IC 95%)	57 (21-93)	115 (42-187)
RA% (IC 95%)	0,50 (0,18-0,82)	1,00% (0,37-1,64)
Ricoveri per patologie respiratorie		
N. ricoveri (IC 95%)	116 (0-249)	234 (0-495)
RA % (IC95%)	0,77 (0-1,65)	1,55 (0-3,28)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N. ricoveri (IC 95%)	54 (10-99)	109 (20-199)
RA % (IC95%)	0,37 (0,07-0,67)	0,74 (0,14-1,35)

La figura sottostante mostra la distribuzione dei 115 morti in eccesso alla soglia di PM_{2,5} maggiore di 10 µg/m³, circa il 26% dei morti in eccesso avviene a concentrazioni inferiori ai 25 µg/m³ di PM_{2,5}.

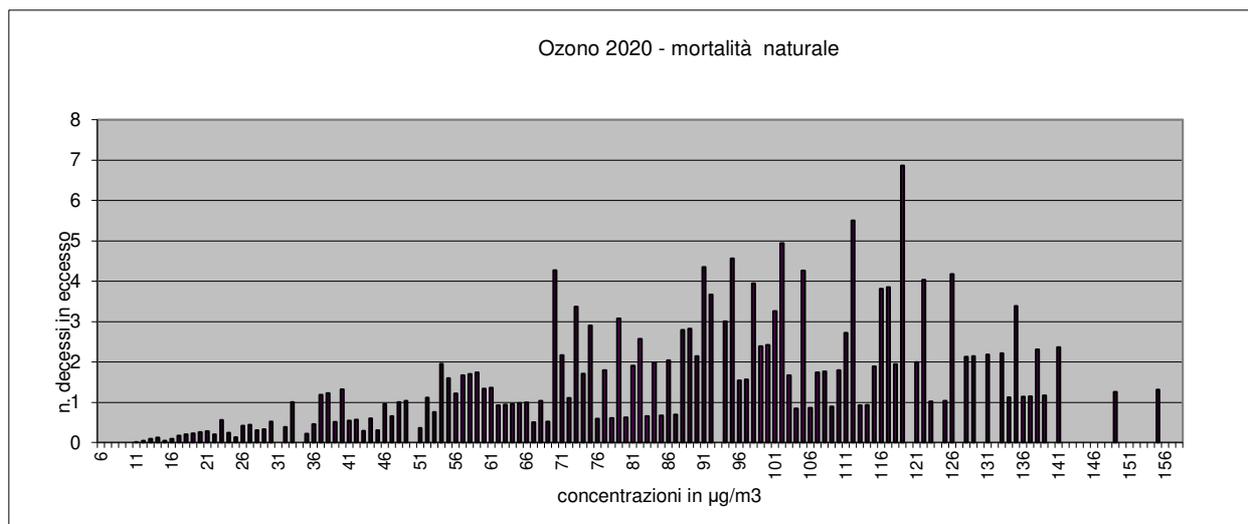


4.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m³ di ozono si evidenzia il RA% dello 0,45% per la mortalità naturale, dello 0,76% e dello 0,45% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria. I ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di 70 µg/m³ sono 103 per le patologie respiratorie e 125 per quelle cardiovascolari, ossia lo 0,68 e l'1,38% di tutti i ricoveri per le stesse cause.

Città Metropolitana, 2020	Valore limite di ozono (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Mortalità Naturale			
N. decessi (IC 95%)	8 (4-11)	51 (25-76)	193 (94-285)
RA% (IC 95%)	0,07 (0,03-0,1)	0,45 (0,22-0,67)	1,69 (0,82-2,50)
Mortalità Cardiovascolare			
N. decessi (IC 95%)	4 (1-8)	30 (8-52)	111 (30-191)
RA% (IC95%)	0,11 (0,03-0,20)	0,76 (0,20-1,32)	2,84 (0,76-4,89)
Mortalità Respiratoria			
N. decessi (IC 95%)	1 (0-2)	5 (0-12)	19 (0-45)
RA% (IC95%)	0,07 (0-0,16)	0,45 (0-1,09)	1,69 (0-4,04)
Ricoveri per patologie respiratorie			
N. ricoveri (IC 95%)	15 (2-29)	103 (16-194)	385 (62-720)
RA% (IC95%)	0,1 (0,02-0,19)	0,68 (0,11-1,29)	2,55 (0,41-4,77)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
N. ricoveri (IC 95%)	19 (10-26)	125 (70-179)	464 (263-656)
RA% (IC95%)	0,20 (0,11-0,29)	1,38 (0,78-1,97)	5,11 (2,9-7,23)

La figura mostra come sono distribuiti i 193 morti in eccesso alla soglia di O₃ maggiore di 10 µg/m³.

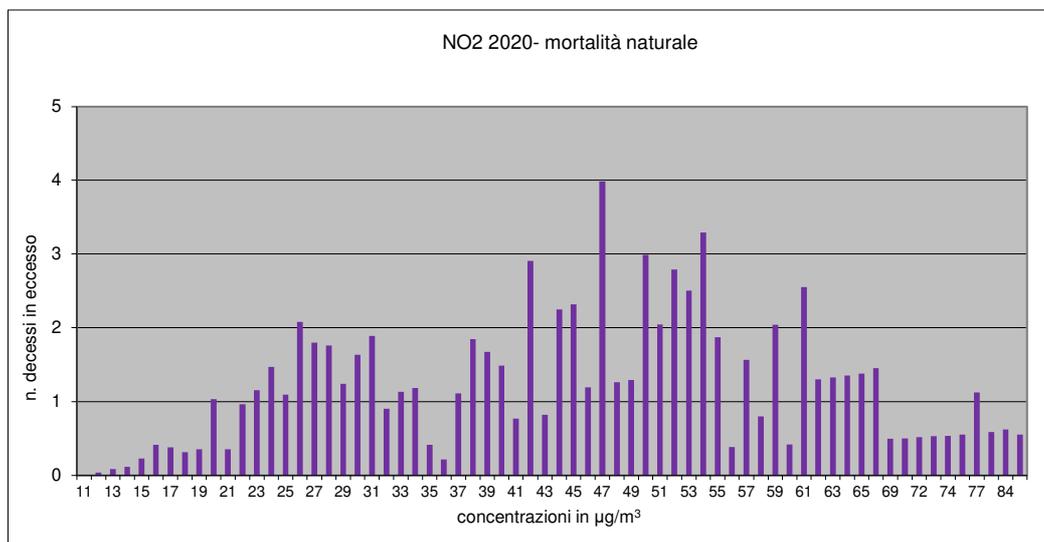


4.5 Impatto a breve termine del **Biossido d'Azoto**

I decessi in eccesso alla soglia di 20 µg/m³ sono 50 mentre i ricoveri per patologie respiratorie 95.

Città Metropolitana, 2020	Valore limite di NO ₂ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità Naturale		
N. decessi (IC 95%)	50 (29-70)	81 (48-113)
RA% (IC 95%)	0,43 (0,26-0,61)	0,71 (0,42-0,99)
Ricoveri per patologie respiratorie		
N. ricoveri (IC 95%)	95 (61-128)	360 (231-486)
RA% (IC 95%)	0,63 (0,40-0,85)	2,38 (1,54-3,22)

La figura sottostante mostra come sono distribuiti gli 81 morti in eccesso alla soglia di 10 µg/m³. I decessi in eccesso attribuibili all'NO₂ 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 2020. 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	84,39	0,33 (0,22 - 0,44)	0,39
5	79,66	0,33 (0,22 - 0,44)	0,42
10	74,69	0,33 (0,22 - 0,44)	0,45
20	64,75	0,33 (0,22 - 0,44)	0,51
30	54,82	0,33 (0,22 - 0,44)	0,61
50	35,28	0,32 (0,21 - 0,42)	0,90
65	21,65	0,28 (0,18 - 0,37)	1,30
80	10,08	0,21 (0,13 - 0,27)	2,04
100	2,11	0,08 (0,05 - 0,10)	3,57

Un bambino nato nel 2020 nella Città Metropolitana di Bologna, ha una speranza di vita di più di 84 anni, considerando solo la mortalità naturale. Di questi però 0,33 (IC 95% 0,22-0,44) anni (quasi quattro mesi) vengono persi con livelli di $\text{PM}_{2,5}$ pari a quelli del 2020. 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 0,9% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e raggiunge il 2% dopo gli 80 anni, I decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del $\text{PM}_{2,5}$ sono:

Città Metropolitana, 2020	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N. morti (IC 95%)	435 (285-572)	234 (121-338)	66 (0-144)	29 (13-44)
RA% (IC 95%)	3,82 (2,51-5,03)	5,98 (3,11-8,65)	5,98 (0-12,99)	5,42 (2,51-8,13)

Impatto a lungo termine del biossido di azoto alla soglia di “non effetto” di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Città Metropolitana, 2020	Mortalità naturale
Stima N. morti (IC 95%)	160 (75-247)
RA% (IC 95%)	1,41 (0,66-2,17)

VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione⁴³, per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione ¹	Al 1/1/2020	Al 1/1/2021	media nel 2020
Tutte le età	391.984	391.412	391.698
Età >30 anni	292.290	291.852	292.071

Il numero di residenti, morti⁴⁴ in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti sono:

Cause di mortalità (ICD-10)	Età	Numero	Tasso grezzo mortalità x 100.000
Mortalità naturale (A00-R99)	tutte le età	4.439	1133
	>30 anni	4.415	1512
Mortalità per malattie cardiovascolari (I00-I99)	tutte le età	1.494	381
Mortalità per malattie apparato respiratorio (J01-J99)	tutte le età	423	108
Mortalità per tumore trachea, bronchi e polmone (C33 e C34)	>30 anni	217	74

Il numero di residenti del Comune di Bologna ricoverati in regime ordinario nel 2020 nel territorio provinciale sono:

Cause di ricovero	(ICD-9 CM)	Numero (tutte le età)	Tasso grezzo ospedalizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari	(390-429)	3.688	942,0
	(390-459)	5.931	1.541
Malattie dell'apparato respiratorio	(460-519)	6.123	1.563

5.2 Impatto a breve termine del PM₁₀

A Bologna, si stimano 26 decessi (IC 95% 22-31) attribuibili all'esposizione a breve termine al PM₁₀, corrispondenti allo 0,59% dei decessi per tutte le cause naturali, se consideriamo 20 µg/m³ come soglia di "non effetto".

Comune di Bologna, 2020	Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>40	>20	>10
Mortalità naturale			
N. decessi (IC 95%)	9 (8-11)	26 (22-31)	47 (39-54)
RA% (IC95%)	0,21 (0,17-0,24)	0,59 (0,50-0,69)	1,06 (0,89-1,23)

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

Per quanto riguarda il PM_{2,5}, il numero di decessi attribuibili considerando la soglia di 10 µg/m³ è di 41. Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al PM_{2,5} sono attribuibili l'1,44% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,69% di quelli per cause cardiovascolari.

¹ Dato aggiornato al 14/06/2021

Comune di Bologna, 2020	Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità Naturale		
N. decessi (IC 95%)	20 (7-33)	41 (15-67)
RA%(IC 95%)	0,46 (0,17-0,75)	0,93 (0,34-1,52)
Ricoveri per patologie respiratorie		
N. ricoveri (IC 95%)	43 (0-93)	88 (0-187)
RA%(IC 95%)	0,71 (0-1,52)	1,44 (0-3,05)
Ricoveri per patologie cardiovascolari		
N. ricoveri (IC 95%)	20 (4-37)	41 (8-74)
RA%(IC 95%)	0,34 (0,06-0,62)	0,69 (0,13-1,25)

5.4 Impatto a breve termine dell'Ozono

Alla soglia di 70 µg/m³, nel Comune di Bologna, sono attribuibili 20 morti in eccesso, ossia lo 0,44% della mortalità. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 µg/m³, le stime dei RA% raggiungono l'1,35% per le malattie cardiovascolari e lo 0,67% per quelle respiratorie.

Comune di Bologna, 2020	Valore limite di ozono (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
	>110	>70	>10
Mortalità naturale			
N. decessi (IC 95%)	4 (2-5)	20 (9-29)	73 (35-107)
RA% (IC 95%)	0,08 (0,04-0,12)	0,44 (0,21-0,65)	1,63 (0,79-2,42)
Mortalità Cardiovascolare			
N. decessi (IC 95%)	2 (1-4)	11 (3-19)	41 (11-71)
RA% (IC 95%)	0,14 (0,04-0,24)	0,74 (0,20-1,29)	2,75 (0,74-4,74)
Mortalità Respiratoria			
N. decessi (IC 95%)	0 (0-1)	2 (0-4)	7 (0-17)
RA% (IC 95%)	0,08 (0-0,19)	0,44 (0-1,06)	1,63 (0-3,91)
Ricoveri per malattie respiratorie			
N. ricoveri (IC 95%)	7 (1-14)	41 (6-77)	151 (24-283)
RA% (IC95%)	0,12 (0,02-0,23)	0,67 (0,11-1,26)	2,47 (0,40-4,63)
Ricoveri per malattie cardiovascolari			
N. ricoveri (IC 95%)	9 (5-13)	50 (28-71)	183 (103-259)
RA% (IC95%)	0,25 (0,14-0,35)	1,35 (0,76-1,93)	4,96 (2,81-7,02)

5.5 Impatto a breve termine del Biossido d'Azoto

I decessi attribuibili al NO₂ alla soglia di 20 µg/m³ per la mortalità per cause naturali sono 25 mentre i ricoveri per malattie respiratorie sono 58.

Comune di Bologna, 2020	Valore limite di NO ₂ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
	>20	>10
Mortalità naturale		
N. morti (IC 95%)	25 (15-35)	36 (22-51)
RA% (IC 95%)	0,56 (0,33-0,79)	0,82 (0,49-1,15)
Ricoveri per malattie respiratorie		
N. ricoveri (IC 95%)	58 (37-78)	165 (106-222)
RA% (IC 95%)	0,94 (0,60-1,27)	2,69 (1,73-3,63)

5.6 Impatto a lungo termine

Di seguito si riporta la “speranza di vita” (espressa in anni) per ogni età, gli “anni di vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dal PM_{2,5} nel 2020, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m³ e la “percentuale (%) d’impatto” sulla speranza di vita degli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM_{2,5}.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi (IC 95 %)	% impatto
0	84,78	0,29 (0,19 - 0,38)	0,34
5	80,13	0,29 (0,19 - 0,38)	0,36
10	75,16	0,29 (0,19 - 0,38)	0,39
20	65,25	0,29 (0,19 - 0,39)	0,45
30	55,35	0,29 (0,19 - 0,39)	0,53
50	35,71	0,28 (0,18 - 0,37)	0,79
65	22,17	0,25 (0,16 - 0,33)	1,11
80	10,48	0,18 (0,12 - 0,24)	1,73
100	2,07	0,06 (0,04 - 0,09)	3,13

Si desume che un bambino nato nel 2020 nel Comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità per cause naturali, la speranza di vita di quasi 85 anni. Di questi però lo 0,29 (IC 95% 0,19-0,38) anni, ossia 3 mesi e mezzo circa, vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2020. Di seguito il numero di decessi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM_{2,5}.

Comune di Bologna, 2020	Mortalità naturale	Mortalità cardiovascolare	Mortalità respiratoria	Mortalità per tumori al polmone
Stima N. morti (IC 95%)	148 (97-194)	78 (41-113)	22 (0-48)	10 (5-15)
RA% (IC 95%)	3,34 (2,19-4,41)	5,24 (2,72-7,59)	5,24 (0-11,44)	4,75 (2,19-7,14)

Impatto a lungo termine del biossido di azoto alla soglia di “non effetto” di 20 µg/m³

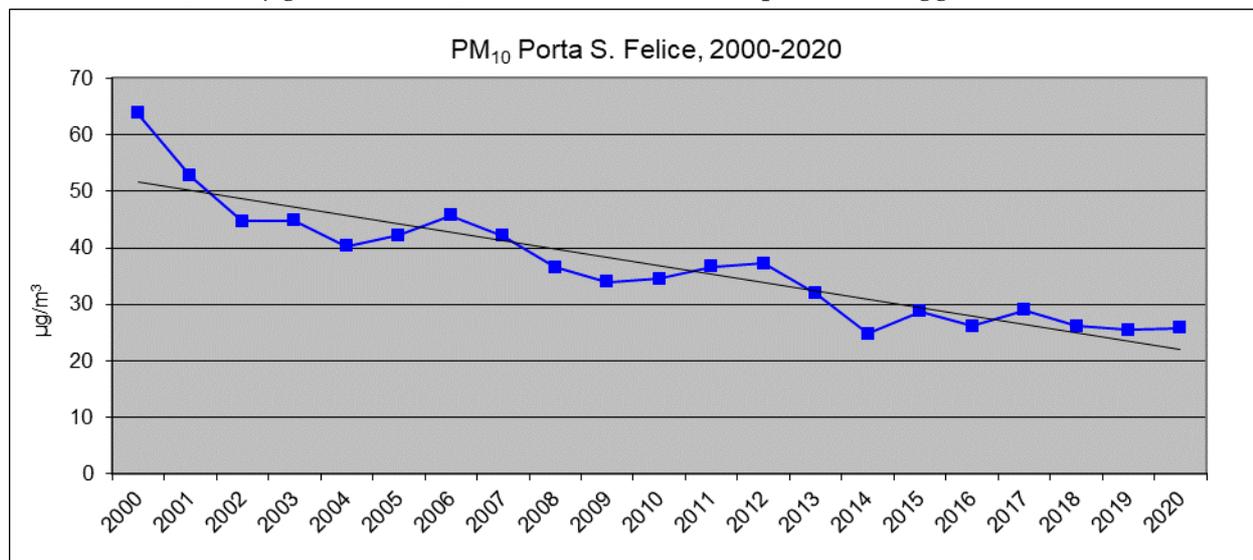
Comune di Bologna, 2020	Mortalità naturale
Stima N. morti (IC 95%)	93 (44-143)
RA% (IC 95%)	2,1 (0,99-3,23)

Confronto temporale

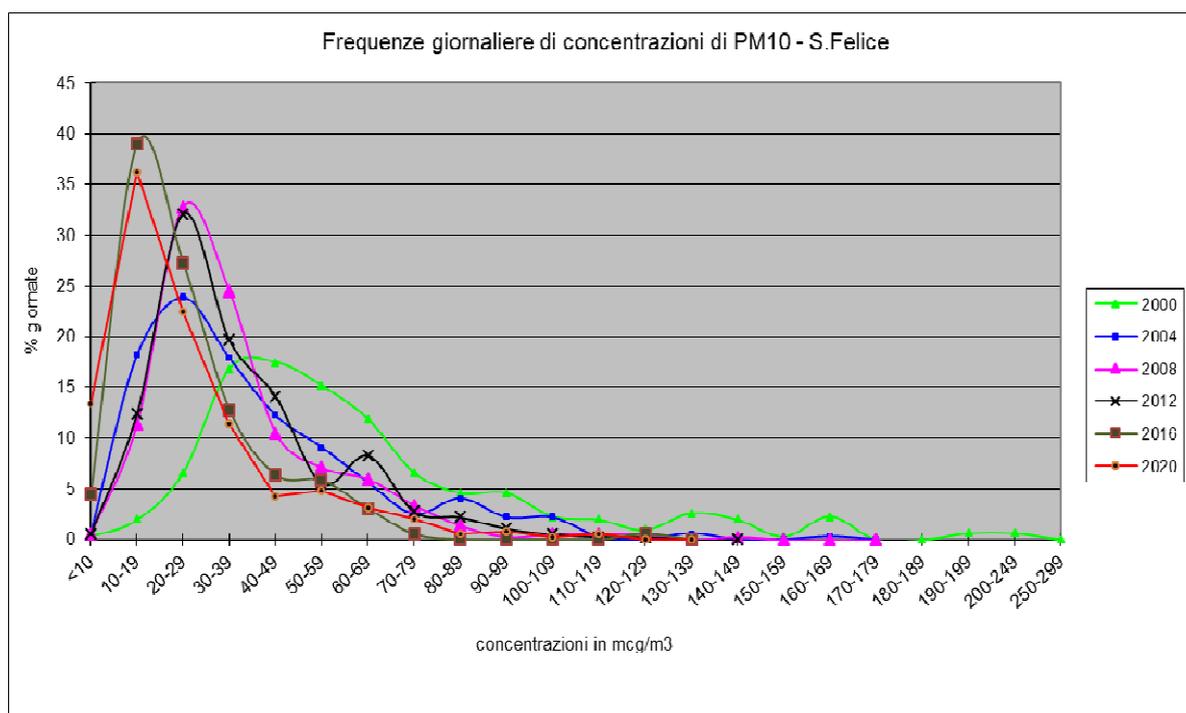
Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità.

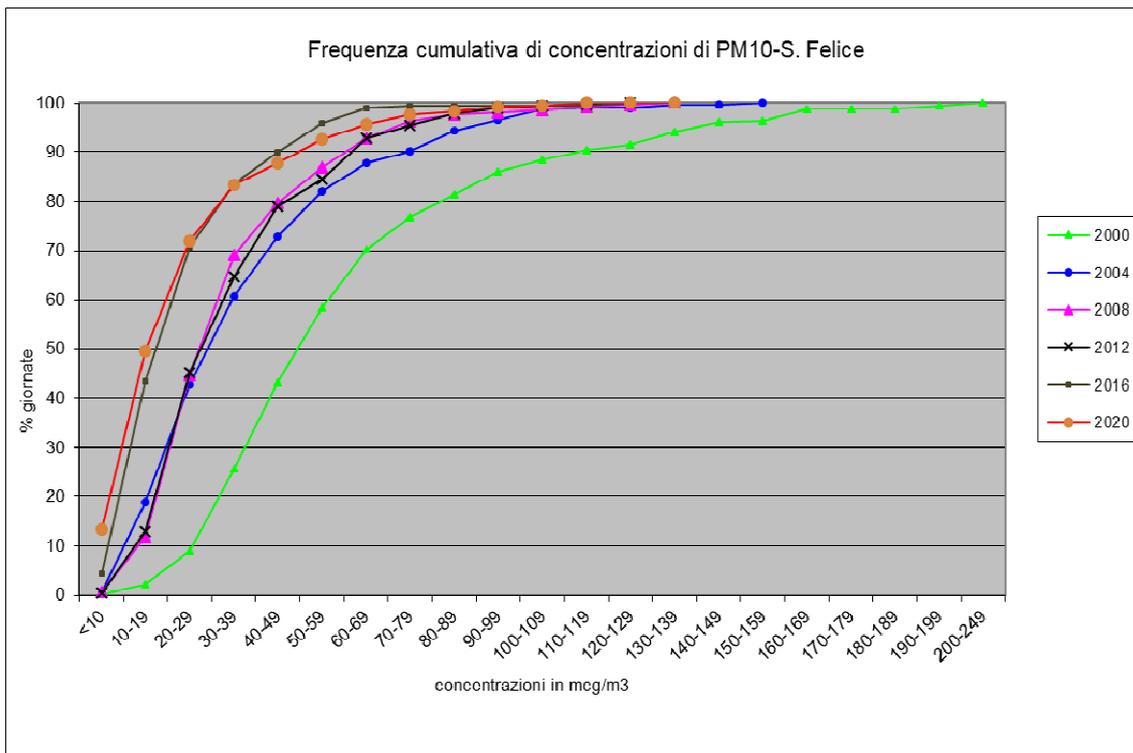
PM₁₀

Nel periodo 2000-2020, come si vede nel grafico, le concentrazioni di PM₁₀ evidenziano un trend in diminuzione (-1,49 µg/m³ all'anno) con la concentrazione più bassa raggiunta nel 2014.

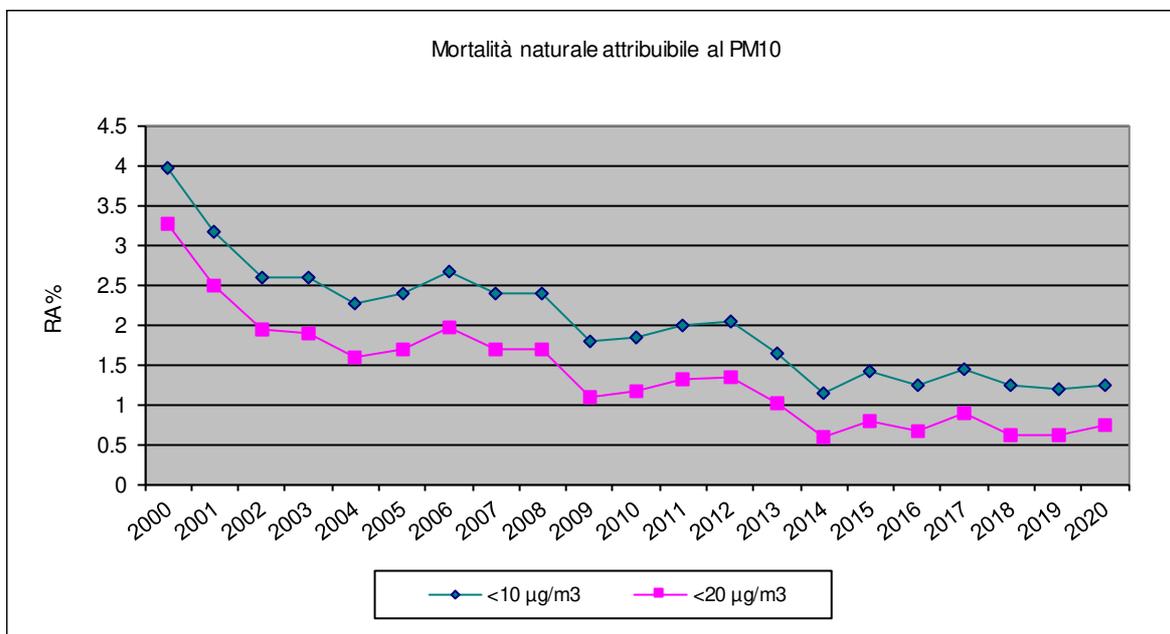


Dal 2015 le concentrazioni sono più stabili. In parallelo, come si vede dal grafico sottostante, è aumentata la percentuale di giornate con valori di concentrazione più bassi rispetto ai primi anni duemila. Complessivamente nel 2020 il numero di giornate con valori inferiori a 50 µg/m³ è quasi del 90%, nel 2000 queste costituivano il 50%.



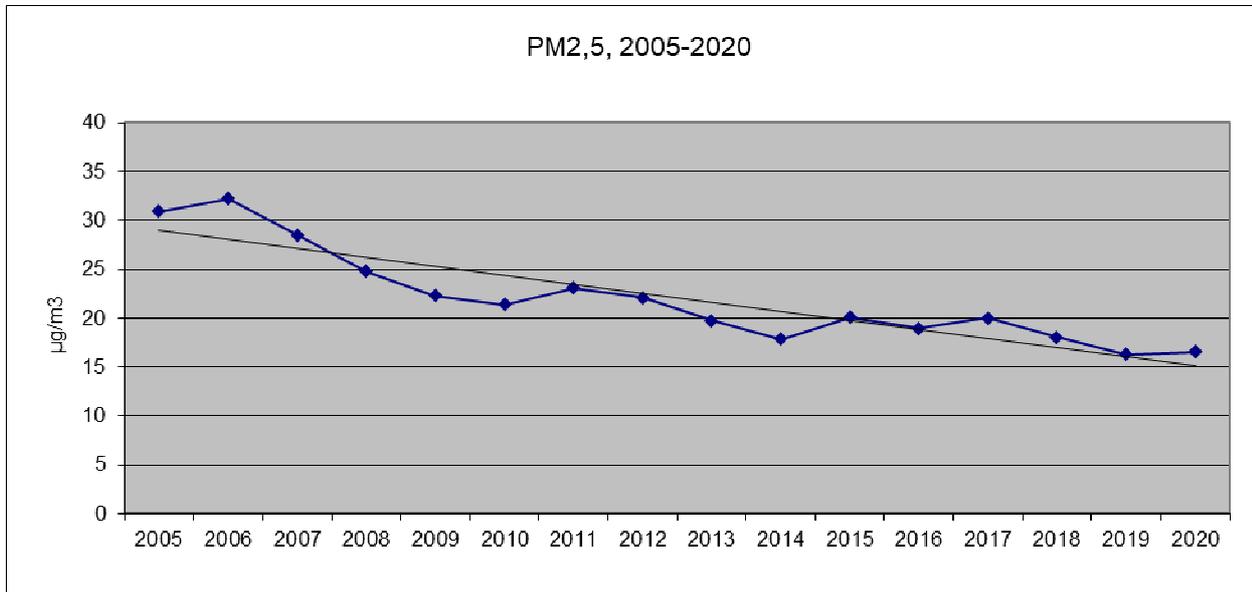


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile all'esposizione a breve termine del PM₁₀, complessivamente dal 2000 si è osservato un decremento del RA%; il decremento riguarda soprattutto il primo periodo (fino al 2014), negli ultimi anni infatti i valori hanno solo delle lievi oscillazioni inter-annuali.

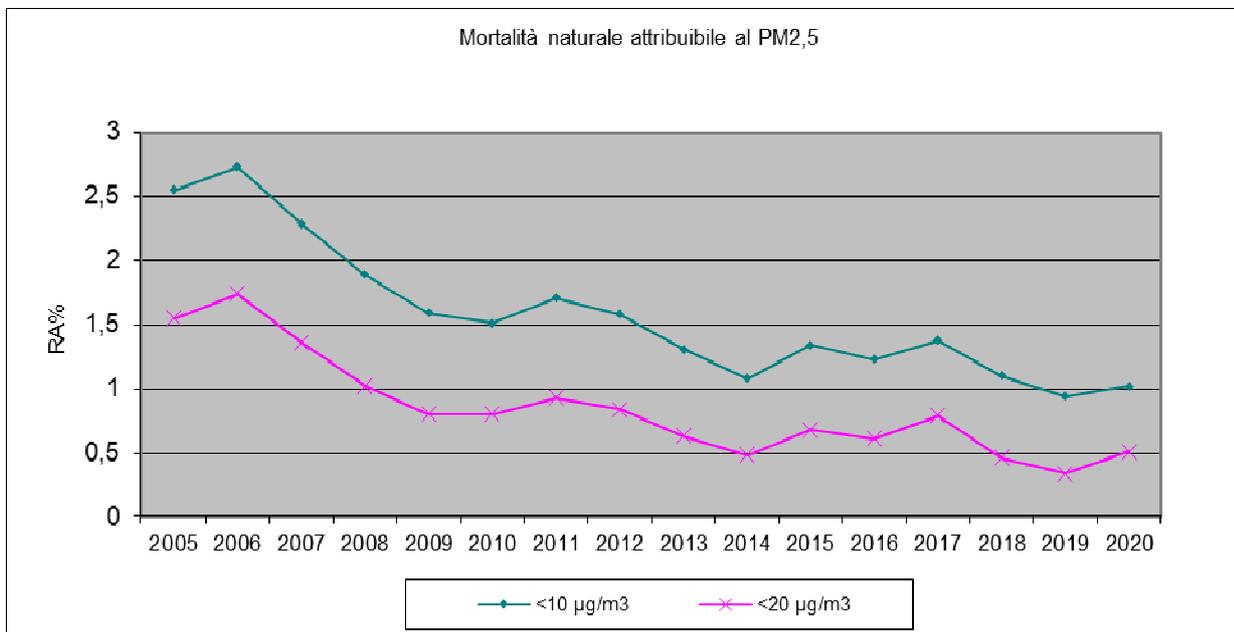


PM_{2,5}

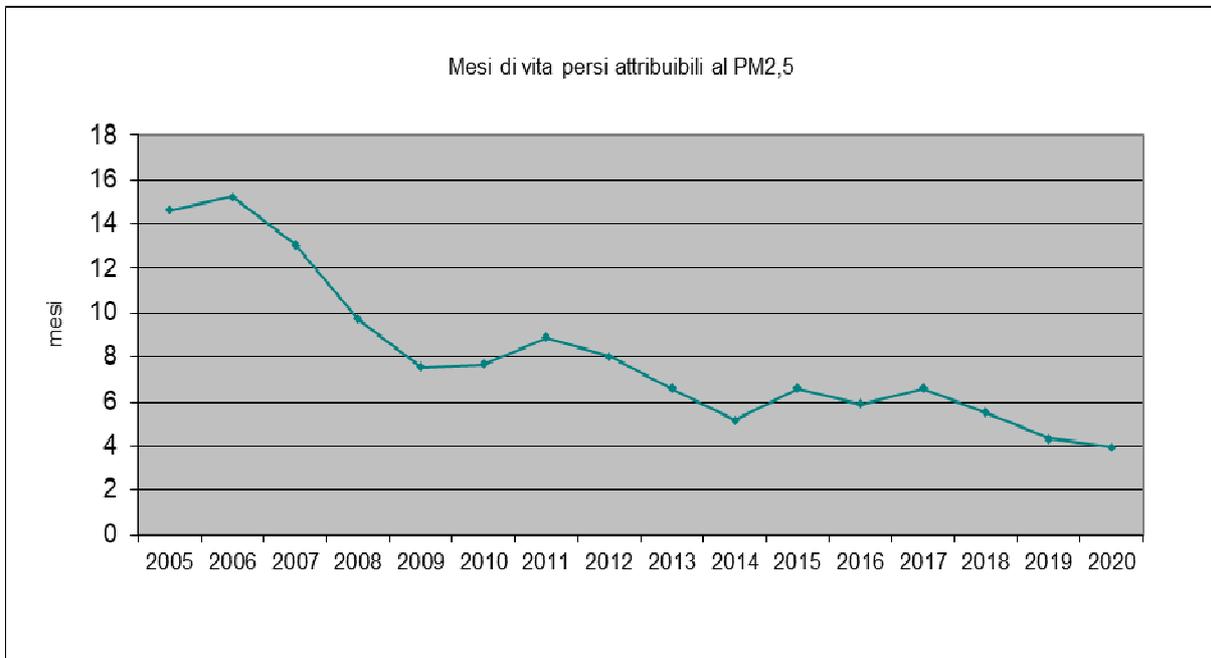
Nel periodo 2005-2020 le concentrazioni del PM_{2,5} mostrano complessivamente un trend (-0,92) in riduzione con il valore più basso nel 2019.



La mortalità attribuibile segue conseguentemente un andamento simile a quello delle concentrazioni.

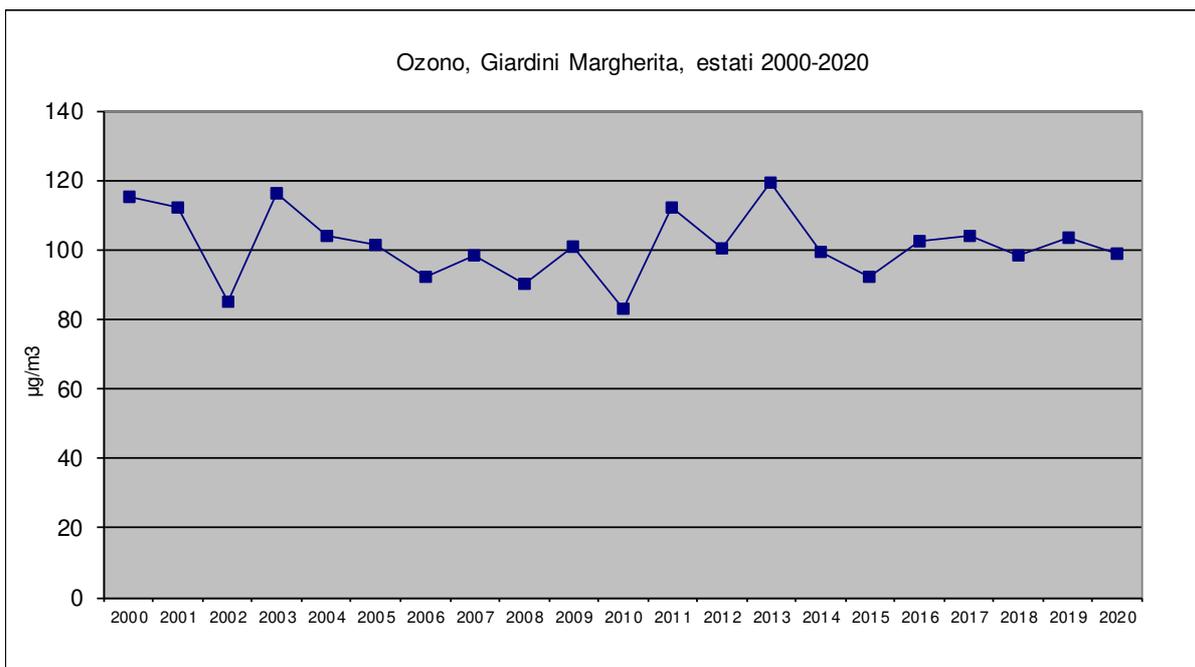


Per quanto riguarda l’impatto a lungo termine, il numero di mesi di vita persi attribuibili all’esposizione al PM_{2,5} (concentrazioni di Porta San Felice), si è ridotto in modo significativo passando da valori anche superiori ad un anno (14-15 mesi) nel 2005-2006 a valori inferiori ai 6 mesi degli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

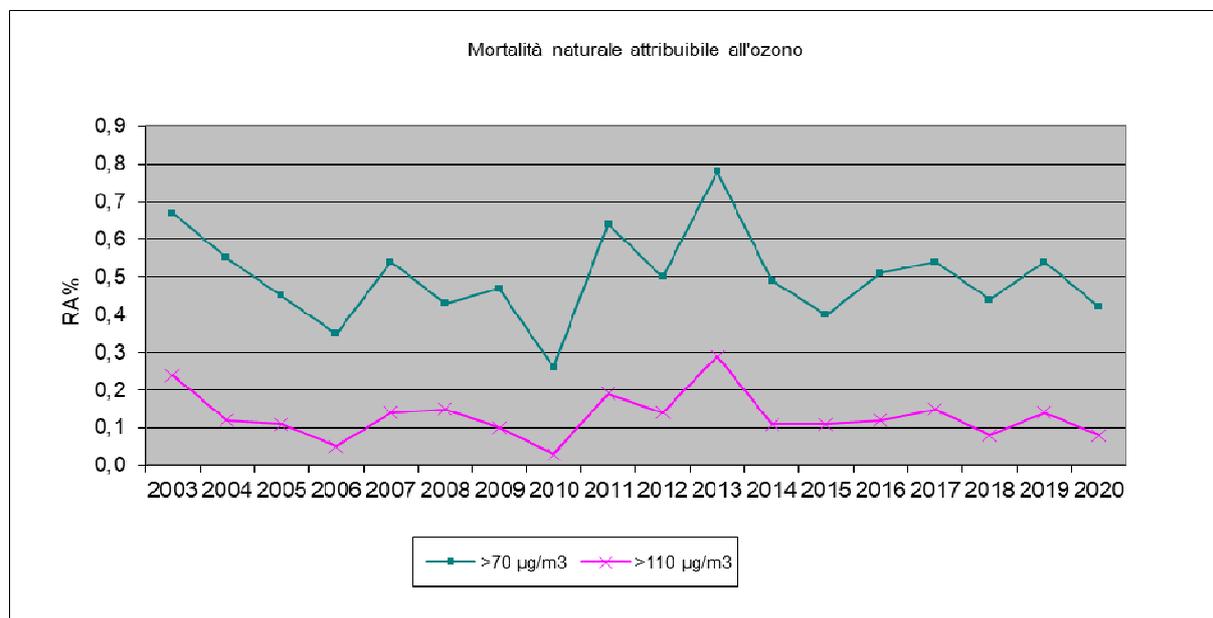


O₃

Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2020 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.

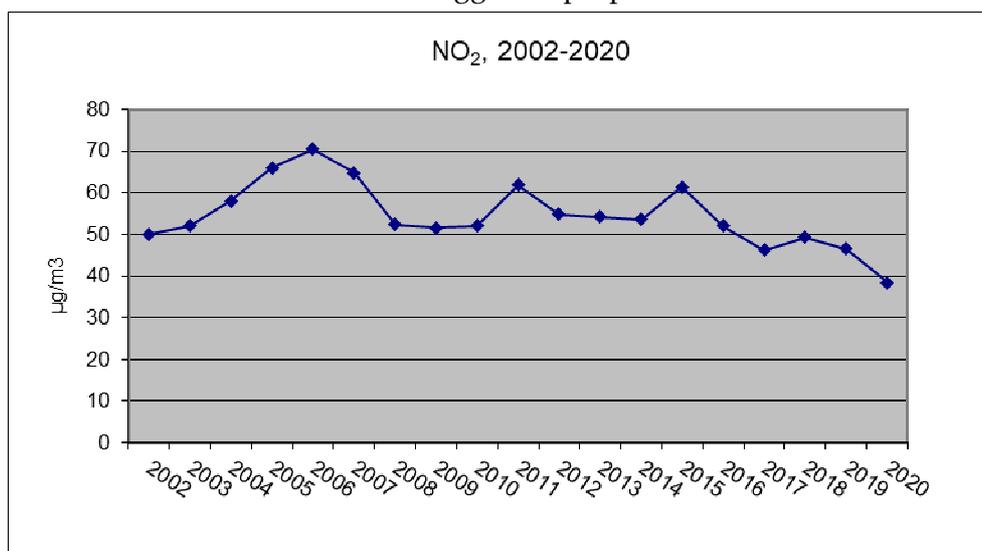


Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione specifica; i valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.

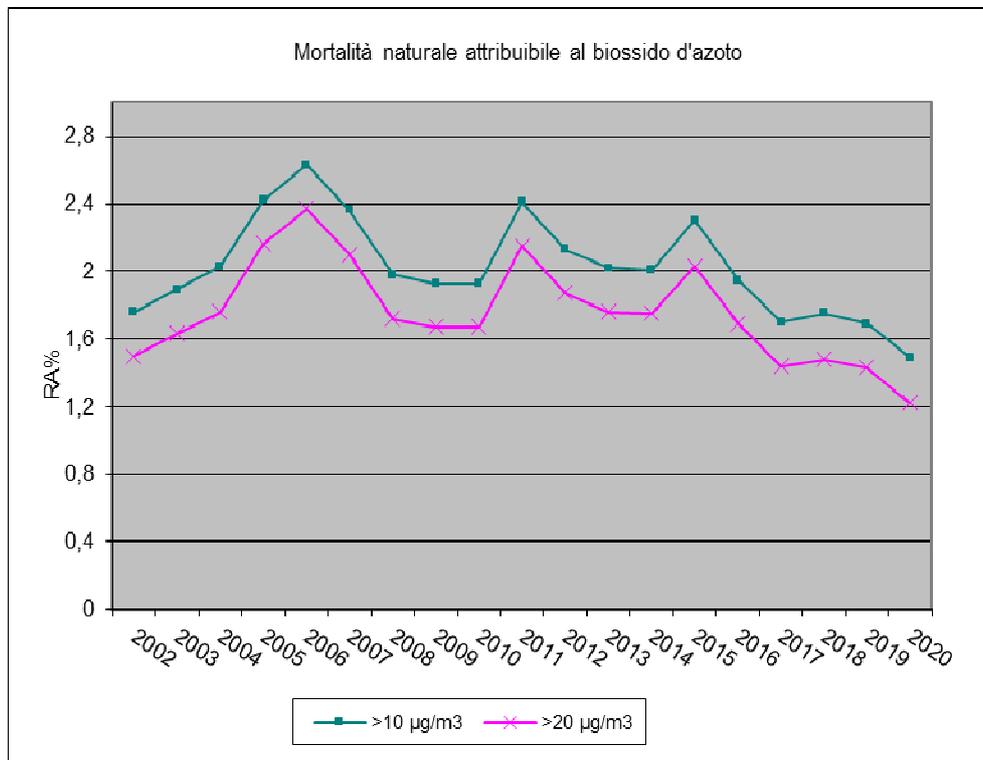


NO₂

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO₂ presso la centralina di Porta San Felice, benché per molti anni si osservassero solo variazioni interannuali senza un chiaro trend in aumento o in diminuzione, dal 2015 si osserva una tendenza alla progressiva riduzione dei valori. Il valore più basso della serie storica è stato raggiunto proprio nel 2020.

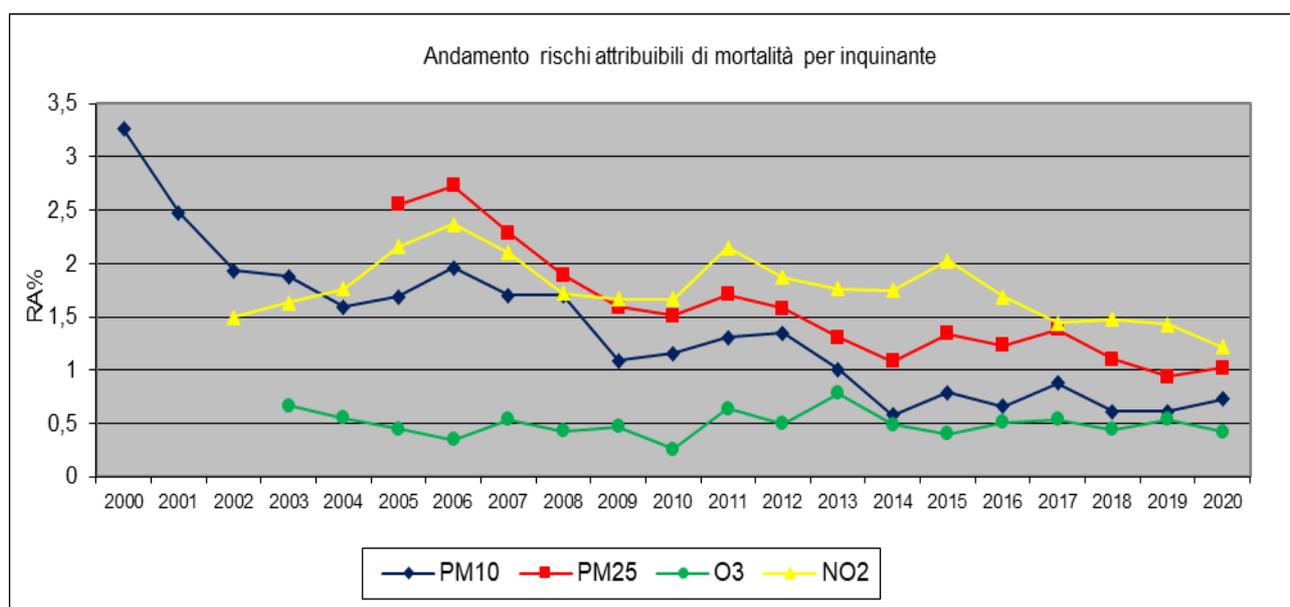
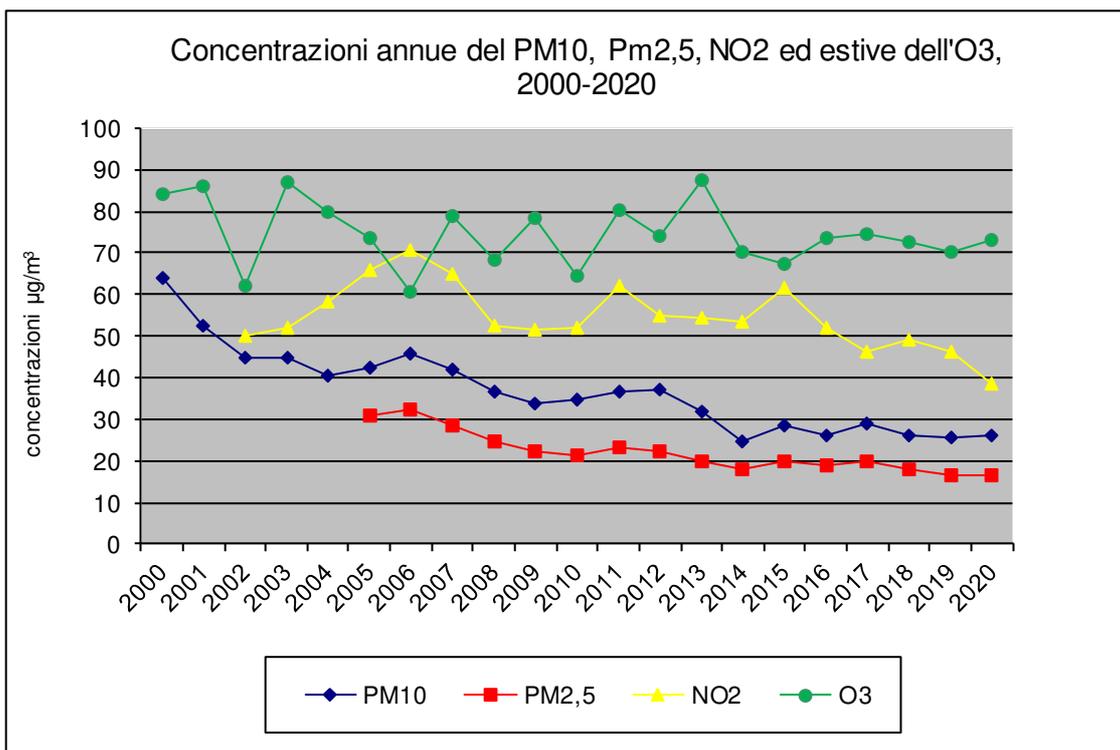


Analogo andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, con valori che nel 2020 diminuiscono leggermente rispetto all'anno precedente.



PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, NO₂

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. Rispetto all'anno 2019 si osserva la riduzione del biossido di azoto, mentre gli altri inquinanti non presentano differenze sostanziali. Questo andamento si riflette sull'andamento dell'impatto sanitario, come evidenziato dal grafico "Andamento rischi attribuibili di mortalità per inquinante".



Considerazioni

Complessivamente i dati sulla qualità dell'aria del 2020 indicano un generale 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. In particolare, nel 2020 si osserva che per quanto riguarda il PM₁₀ i valori sono stati rispettati in tutte le stazioni della Città Metropolitana, inclusa la stazione da traffico di Porta San Felice nel Comune di Bologna, con valori in linea a quelli dell'ultimo quinquennio. Il numero annuale massimo di 35 giorni di superamento, consentiti dalla normativa, è stato superato nella stazione da traffico di Porta San Felice (42 superamenti) e nella stazione di fondo rurale di San Pietro Capofiume (39 superamenti), il maggior numero di superamenti si è verificato nei mesi di gennaio e novembre.

I valori relativi agli altri inquinanti (PM_{2,5}, 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 metropolitano⁹.

Per l'ozono nel 2020 non si osservano sostanziali modifiche degli andamenti dei livelli di concentrazione medi mensili rispetto all'anno precedente. Non sono mai stati registrati superamenti della soglia di allarme (media oraria di 240 µg /m³). Per quanto riguarda la soglia di informazione (media oraria di 180 µg /m³) nel 2020 si sono registrati sei superamenti solo nella stazione di Via Chiarini. Nel 2020 ci sono stati inoltre superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute, pari a 120 µg /m³ di media massima giornaliera su 8 ore, in tutte le stazioni tranne in quella di Castelluccio; si riscontra però una diminuzione del numero di superamenti rispetto all'anno precedente.

Le concentrazioni medie annuali di biossido di azoto risultano, come nell'anno precedente, entro i limiti di legge (40 µg /m³) in tutte le centraline compresa quella di Porta San Felice e presentano i valori più bassi degli ultimi anni. A tale risultato potrebbe aver contribuito la riduzione dei livelli di ossidi di azoto registrati nel periodo del lockdown (marzo-maggio) quando il traffico veicolare ha subito una notevole riduzione⁹.

Il 2020 si è infatti caratterizzato per la presenza della pandemia da SARS-CoV2 che nell'AUSL di Bologna è stata segnalata per la prima volta il 29 febbraio 2020. La pandemia ha avuto un forte impatto sanitario, ma anche economico, sociale ed ambientale. Numerose sono state le misure assunte per il contenimento della diffusione del virus, tra queste la chiusura delle scuole, della maggior parte delle attività lavorative e il divieto di spostamenti non essenziali nei mesi di marzo e aprile, misure poi progressivamente allentate con la ripresa della mobilità inter-regionale al 03/06/2020.

Uno degli effetti scaturiti da tali misure emergenziali è stato, sia a livello locale che globale, la forte riduzione della circolazione dei mezzi di trasporto, pubblici e privati, pesanti o leggeri, veicolari e aerei. Meno marcati invece gli effetti sul settore industriale di produzione di energia elettrica con addirittura una lieve crescita per il riscaldamento domestico. Invariate le emissioni derivanti dall'agricoltura e dalla zootecnica come riportato in studi relativi alle emissioni sul Bacino Padano⁴⁵. A livello di Bacino Padano, le emissioni di NO_x sono progressivamente diminuite in tutti i territori man mano che entravano in vigore le misure restrittive, raggiungendo una riduzione di quasi il 40% in aprile, mentre le emissioni dirette di PM₁₀ hanno avuto una minore riduzione che ha raggiunto il 20% a fine aprile. A partire dalla prima settimana di maggio, in

corrispondenza dell'inizio della fase 2 (DPCM 26 aprile 2020) si è avuta una inversione di tendenza per entrambi gli inquinanti e le emissioni sono progressivamente aumentate con la ripresa delle attività⁴⁵.

A questo si aggiunge anche l'aspetto meteorologico con il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM₁₀ e quello di giorni critici per la formazione di ozono troposferico inferiori agli analoghi dell'anno precedente.

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 2020 nonostante ci sia stata la riduzione delle emissioni di alcuni inquinanti durante i mesi del lockdown, la frazione di mortalità naturale attribuibile all'esposizione a breve termine ai vari inquinanti va dallo 0,43% per il biossido di azoto allo 1% del PM_{2,5}, mentre all'esposizione a lungo termine è attribuibile quasi il 4% di mortalità con una riduzione della speranza di vita alla nascita di quasi 4 mesi.

Nel 2020 inoltre, l'inquinamento atmosferico è stato oggetto di attenzione in relazione alla sua associazione con la trasmissione da SARS-CoV2 e con il decorso della malattia da COVID19. L'ipotesi di un possibile collegamento tra la diffusione del virus e l'inquinamento atmosferico deriva da studi ecologici che hanno evidenziato un'alta concentrazione di casi di COVID-19 nelle zone più inquinate⁴⁶. Tuttavia, la possibilità che il particolato atmosferico possa essere un supporto (carrier) per la diffusione del virus per via aerea non è stata confermata, non sembra infatti avere alcuna plausibilità biologica, pur riconoscendo al particolato la capacità di veicolare batteri, spore, virus, funghi, frammenti vegetali ecc. La carica infettiva dei virus di provenienza umana o animale infatti difficilmente può conservarsi quando trasportata dal particolato su lunghe distanze e per tempi prolungati. Generalmente, all'esterno sia per i virus influenzali che per i coronavirus, una volta fuoriuscite dall'apparato respiratorio le droplets tendono infatti ad evaporare portando ad una inattivazione dei virus presenti^{47,48}.

Alcuni studi hanno anche avanzato l'ipotesi che diversi inquinanti e componenti chimiche del particolato di origine ambientale possano addirittura fungere da inattivatori delle particelle virali, aggredendo l'involucro del capsido virale^{49,50}.

È possibile dire che allo stato attuale delle conoscenze, le evidenze su un possibile ruolo del particolato atmosferico nella diffusione del SARS-CoV-2 siano decisamente limitate e frammentarie.

Sono invece più plausibili le relazioni tra inquinamento atmosferico e vulnerabilità alla infezione e tra inquinamento atmosferico ed evoluzione della malattia. Diversi studi hanno mostrato un'associazione tra inquinamento e rischio di malattie infettive⁵¹ e ci sono evidenze preliminari sul ruolo dell'inquinamento come modificatore di effetto della relazione tra esposizione al virus e prognosi. L'interazione a livello molecolare potrebbe spiegare un possibile ruolo del PM nell'esacerbazione delle manifestazioni cliniche conseguenti all'infezione virale. Oltre al recettore ACE2, sono state identificate altre molecole chiave, la cui modulazione potrebbe portare alla cosiddetta tempesta citochinica e quindi al peggioramento delle condizioni cliniche preesistenti e più in generale a prognosi più infauste⁵².

L'inquinamento atmosferico è poi responsabile di varie malattie croniche (ad es, l'asma e malattie cardiache croniche)^{1-2, 53-54} che più studi hanno mostrato essere importanti predittori di aggravamento della malattia da COVID-19⁵⁵.

Tali ipotesi ed evidenze preliminari andranno via via approfondite in studi futuri, ma nell'attesa rimane chiaro che, a prescindere dalle interazioni esistenti tra COVID-19 ed inquinamento atmosferico, è necessario continuare ad attuare su più livelli tutte le misure possibili per migliorare la qualità dell'aria.

Partendo dal presupposto che le variazioni climatiche influenzano la qualità dell'aria e che l'inquinamento dell'aria induce variazioni climatiche è ormai evidente la necessità di adottare politiche e misure che affrontino simultaneamente il problema della qualità dell'aria e dei cambiamenti climatici. Il riscaldamento globale causato dalle emissioni di gas climalteranti derivanti dall'impiego dei combustibili fossili e dall'uso non sostenibile del territorio e delle risorse naturali⁵⁶, sollecita la necessità di porre in atto sia politiche globali per ridurre drasticamente le emissioni e mitigare l'aumento delle temperature, sia strategie di adattamento per limitare gli impatti dei cambiamenti climatici che comunque si verificheranno⁵⁷.

Il cambiamento climatico di origine antropica è un dato di fatto ed un fattore di rischio rilevante per la salute della popolazione, la sfida da affrontare in futuro sarà assicurare che le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria si concentrino su scenari vincenti su entrambi i fronti e soprattutto sull'impatto che tali cambiamenti possono avere sullo stato di salute.

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 la proporzione di eventi sfavorevoli che potrebbero essere evitati o ritardati nell'intera popolazione rimuovendo completamente l'esposizione al fattore di rischio.

La sua formula è: (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.

Anni di vita persi: numero medio annuo di anni di vita persi di una popolazione a seguito dell'esposizione alle concentrazioni raggiunte dal $PM_{2,5}$ nel 2020 utilizzando la soglia di non effetto di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bibliografia

1. Dominski FH, Lorenzetti Branco JH, Buonanno G et al. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environ Res*, 2021; 201:111487.
2. Sun Z, Zhu D. Exposure to outdoor air pollution and its human related health outcomes: an evidence gap map. *BMJ Open* 2019;9:e031312.
3. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project, Technical Report 2013, WHO Copenhagen, Denmark.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
8. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, Press release 221, 2013, Lyon France.
9. Arpa. Rete regionale di monitoraggio e valutazione della qualità dell'aria, Provincia di Bologna, Report dei dati 2020.
10. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution prodotto e distribuito dal “WHO European Centre for Environment and Health”, <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Lao XQ, Guo C, Chang L. et al. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) and incident type 2 diabetes: a longitudinal cohort study. *Diabetologia* 2019;62,759–769.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Wu H, Kioumourtzoglou MA, Allan C et al. Association of ambient PM_{2.5} exposure with maternal bone strength in pregnant women from Mexico City: a longitudinal cohort study. *Lancet Planet Health*,2020; 4(11):e530-e537.
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. Grande G, Ljungman PLS, Eneroth K et al. Association Between Cardiovascular Disease and Long-term Exposure to Air Pollution With the Risk of Dementia. *JAMA Neurol*, 2020; 77(7):801-809.
23. International Society for Environmental Epidemiology, ISEE 2017 Conference Old and new risks: challenges for environmental epidemiology, Rome 2017.
24. 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.
25. McGuinn LA, Windham GC, Kalkbrenner AE et al. Early Life Exposure to Air Pollution and Autism Spectrum Disorder: Findings from a Multisite Case-Control Study. *Epidemiology*, 2020; 31(1):103-114.
26. Benjamin Bowe, Yan Xie, Tingting Li, Yan Yan, Hong Xian, Ziyad Al-Aly The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM_{2.5} air pollution. *Lancet Planet Health* 2018; 2: e301–12
27. Lao, X.Q., Guo, C., Chang, Ly. et al. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) and incident type 2 diabetes: a longitudinal cohort study. *Diabetologia* 62, 759–769 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4825-1>
28. Cities Changing Diabetes. The Urban Diabetes Declaration.
29. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol* 2014; 180(1):15-28.
30. Wang L, Zhong B, Vardoulakis S et al. Air Quality Strategies on Public Health and Health Equity in Europe—A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 2017;13(12):1196.
31. Cassee FR, Héroux ME, Gerlofs-Nijland ME et al. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. *Inhal Toxicol* 2013;25(14):802-12.
32. Dominici F, Wang Y, Correia AW et al. Chemical composition of fine particulate matter and life expectancy. *Epidemiology* 2015; 26:556-564.
33. Chung Y, Dominici F, Wang Y et al. Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. *Environ Health Perspect* 2015; 123:467-474.
34. Sarnat S E, 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.
35. Dai L, Zanobetti A, Koutrakis P et al. Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis. *Environ Health Perspect* 2014; 122:837-842.
36. Wolf K, Stafoggia M, Cesaroni G. Long-term exposure to particulate, matter constituents and the incidence of coronary events in 11 European cohorts. *Epidemiology* 2015; 26:565-574.
37. Chen R, Cai J, Meng X. Ozone and Daily Mortality Rate in 21 Cities of East Asia: How Does Season Modify the Association? *Am J Epidemiol* 2014; 180:729-736.
38. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev* 2013; 37(4-5):206-8.
39. Sujaritpong S, Dear K, Cope M et al. Quantifying the health impacts of air pollution under a changing climate-a review of approaches and methodology. *Int J Biometeorol* 2014; 58:149-60.

40. WHO. Update of WHO Global Air Quality Guidelines.
[https://www.euro,who,int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines](https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines).
41. Di Pasquale G, De Palma R, Fortuna D et al. Effetti indiretti della pandemia COVID-19 sulla mortalità cardiovascolare. *G Ital Cardiol* 2021; 22(3):188-192.
42. Vecchio S, Fileti L, Reggi A et al. Impatto della pandemia COVID-19 sui ricoveri per sindrome coronarica acuta: revisione della letteratura ed esperienza monocentrica. *G Ital Cardiol* 2020; 21(7):502-508.
43. Regione Emilia Romagna. Statistica (<https://statistica.regione.emilia-romagna.it/servizi-online/statistica-self-service/popolazione/popolazione-per-eta-e-sesso/>).
44. Registri delle cause di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola, 2020.
45. Regione Emilia Romagna, Arpa Emilia Romagna. Report 2 COVID-19 -Studio preliminare degli effetti delle misure COVID-19 sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria nel Bacino Padano, Agosto 2020.
46. Conticini E, Frediani B et Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environ Pollution* 2020; 261:114465.
47. Tseng CC, Li TS. Collection efficiencies of aerosol samplers for virus-containing aerosols. *Journal of Aerosol Science*, 2005; 36:593–607.
48. Parienta D, Morawska L, Johnson GR, et al. Theoretical analysis of the motion and evaporation of exhaled respiratory droplets of mixed composition. *Journal of Aerosol Science*, 2011; 42:1–10.
49. Chen PS, Tsai FT, Lin CK Ambient et al. Influenza and Avian Influenza Virus during Dust Storm Days and Background Days. *Environ Health Perspect* 2010; 118(9):1211-6.
50. Sooryanarain H, Elankumaran S. Environmental Role in Influenza Virus Outbreaks. *Annu Rev Anim Biosci* 2015; 3:347-73.
51. Su W, Wu X, Geng X et al. The short-term effects of air pollutants on influenza-like illness in Jinan, China. *BMC Public Health* 2019; 19(1):1319.
52. Colacci A, Bortone G, Maffei G. Environmental pollution and COVID-19: the molecular terms and predominant disease outcomes of their sweetheart agreement. *Epidemiol Prev* 2020; 44(5-6 Suppl 2):169-182.
53. 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.
54. 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.
55. Williamson EJ, Walker A, Bhaskaran K. OpenSAFELY: factors associated with COVID-19 death in 17 million patients. *Nature*. 2020 Aug 1; 584(7821): 430–436.
56. Gard Italia, Sottogruppo di lavoro “Ambiente, Clima e Salute” Ministero della Salute Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria. Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici. Elementi per una strategia nazionale di prevenzione.
57. Regione Emilia Romagna, DG Cura del Territorio e Ambiente. Strategia per la mitigazione e l'adattamento della Regione Emilia-Romagna.