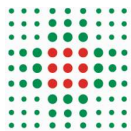


RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA

Anno 2013

novembre 2014



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

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

Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2013

La presente pubblicazione è stata redatta da:

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

Area Analisi, Prevenzione e Promozione della Salute

UOC Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio

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

A cura di:

Elisa Stivanello*, Vincenza Perlangeli*, Emanuela Pipitone^, Lorenzo Pizzi*, Natalina Collina*, Paolo Pandolfi*

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

^Distretto di Committenza e Garanzia della Città di Bologna, Azienda USL di Bologna

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

Andrea Pizzoli, Monica Nanni e Giovanni Castellari per la fornitura dei dati dell'Azienda USL di Imola;

I colleghi di Arpa, per l'invio periodico dei dati ambientali.

Per informazioni:

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

Progetto grafico e coordinamento editoriale

Rosa Domina
Dipartimento di Sanità Pubblica, Azienda USL di Bologna

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

SOMMARIO

PREMESSA	5
1 SINTESI.....	6
1.1 STIME DI IMPATTO-PROVINCIA DI BOLOGNA	6
1.2 STIME DI IMPATTO-COMUNE DI BOLOGNA.....	6
1.3 SERIE TEMPORALE.....	6
1.4 CONSIDERAZIONI	6
3. METODI.....	12
3.1 ESITI E RISCHI RELATIVI	12
3.2 SOGLIE	13
3.3 CONFRONTI TEMPORALI.....	13
4. VIS PER LA PROVINCIA DI BOLOGNA	14
4.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI	14
4.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM ₁₀	14
4.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM _{2,5}	17
4.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO	18
4.5 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL BIOSSIDO D'AZOTO	19
4.6 GLI ANNI DI VITA PERSI	20
5. VIS PER IL COMUNE DI BOLOGNA.....	21
5.1 POPOLAZIONE, MORTALITÀ E RICOVERI	21
5.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM ₁₀	21
5.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL PM _{2,5}	22
5.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO	23
5.5 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL BIOSSIDO D'AZOTO	24
5.6 GLI ANNI DI VITA PERSI	25
6. CONFRONTO TEMPORALE	26
8. INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ATTIVITÀ DEL DIPARTIMENTO DI SANITÀ PUBBLICA	31
CONSIDERAZIONI	33
BREVE GLOSSARIO	35
BIBLIOGRAFIA.....	36

Premessa

Gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente sono ormai noti e sono stati confermati anche recentemente. Negli ultimi anni, la comunità scientifica internazionale ha infatti prodotto nuove evidenze e offerto nuove indicazioni: l'OMS ha pubblicato una revisione della letteratura sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico (REVIHAAP Project)¹, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha pubblicato una monografia in cui l'inquinamento atmosferico è stato classificato come carcinogeno di classe 1² e si sono conclusi studi multicentrici sugli effetti e sull'impatto a breve e a lungo termine degli inquinanti (ESCAPE project, EBoDE ed EpiAir 2)³⁻⁵.

Per il controllo dell'inquinamento atmosferico e la tutela della salute nel corso dell'ultimo decennio, sono state intraprese varie iniziative. La Commissione europea ha nominato il 2013 "Year of air", con l'obiettivo di sottolineare l'importanza della qualità dell'aria e di concentrarsi su azioni volte a migliorarla in tutta l'UE⁶. A livello nazionale con il D.Lgs 155/2010 sono state recepite le direttive europee 2008/50/CE, e recentemente la Regione Emilia Romagna ha elaborato un Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria⁵ nel quale individua le misure per il risanamento della qualità dell'aria al fine di ridurre gli inquinanti e rientrare nelle direttive europee attraverso strategie di coordinamento dei vari livelli istituzionali e di integrazione della pianificazione settoriale. Queste iniziative si aggiungono, estendendoli, agli accordi di programma per la gestione della qualità dell'aria tra regioni, comuni e province durante le fasi acute, soprattutto invernali. Questi accordi assegnano all'Azienda USL il compito di contribuire alle campagne di comunicazione e informazione sui rischi sanitari da PM₁₀. Il presente rapporto, si colloca pertanto tra gli strumenti a disposizione per queste campagne e tra le azioni a supporto dei decisori politici per garantire "la tutela della collettività e dei singoli dai rischi connessi con gli ambienti di vita, anche con riferimento agli effetti sanitari degli inquinanti ambientali" come indicato dai Livelli Essenziali di Assistenza. Il rapporto, pubblicato annualmente dal 2003, si pone l'obiettivo di descrivere l'impatto che l'inquinamento atmosferico presente nella Provincia e nel Comune di Bologna ha sulla salute, in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi.

Come nelle valutazioni precedenti le stime di impatto sanitario sono calcolate utilizzando il software AirQ⁸, prodotto e distribuito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. L'impatto a breve termine sulla salute è espresso come numero di morti e di ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e come RA % (Rischio Attribuibile di popolazione %), cioè la percentuale di eventi (morti o ricoveri) tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l'inquinamento non avesse superato una determinata soglia. L'impatto a lungo termine è espresso come anni di vita persi. Per il calcolo delle stime di impatto sono stati utilizzati i RR raccomandati dall'OMS nel recente progetto HRAPIE⁹. Il software AirQ è uno strumento validato per la misura dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico. I risultati poggiano però su varie assunzioni. In particolare, si assume come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei valori di concentrazione giornaliera o oraria forniti dalle varie centraline del territorio e si assume che le stime d'effetto raccomandate dall'OMS siano valide anche per la popolazione della Provincia del 2013.

1 Sintesi

1.1 Stime di impatto-Provincia di Bologna

Nel 2013 in Provincia di Bologna gli eventi attribuibili agli inquinanti sono stati:

esito	N. di eventi attribuibili agli inquinanti ^{ab}			
	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Decessi per tutte le cause naturali	115	119	58	94
Decessi per patologie cardiovascolari	35		40	
Decessi per patologie respiratorie	16		14	
Ricoveri per patologie respiratorie	136	200	96	
Ricoveri per patologie cardiovascolari	196	163	203	

L'analisi sugli "anni di vita persi", indica che nel 2013 l'aspettativa di vita alla nascita viene ridotta di 0,4 anni dalle concentrazioni del PM_{2,5} a una soglia di "non effetto" di 10 µg/m³.

1.2 Stime di impatto-Comune di Bologna

Nel Comune di Bologna gli eventi attribuibili agli inquinanti sono stati:

esito	N. di eventi attribuibili agli inquinanti ^{ab}			
	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Decessi per tutte le cause naturali	50	50	26	49
Decessi per patologie cardiovascolari	15		16	
Decessi per patologie respiratorie	7		2	
Ricoveri per patologie respiratorie	58	83	42	
Ricoveri per patologie cardiovascolari	89	74	97	

Dall'analisi sugli anni di vita persi per le concentrazioni del PM_{2,5} del 2013, si evidenzia che l'aspettativa di vita alla nascita del 2013 viene ridotta di 0,4 anni circa.

1.3 Serie temporale

Confrontando i dati sulla mortalità generale attribuibile ai livelli di concentrazione del PM₁₀ di una centralina di Bologna dal 2000 al 2013, si nota un trend in diminuzione degli effetti negativi. Similmente anche gli effetti attribuibili al PM_{2,5} monitorati per un periodo più corto evidenziano una riduzione. Non si evince invece alcun trend significativo in riduzione per l'ozono e per il biossido di azoto.

1.4 Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali degli ultimi anni evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria, tuttavia nonostante questi miglioramenti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora

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

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

un pericolo per la salute. Le misure adottate nel corso degli ultimi anni a livello locale non sono state sufficienti anche per il contesto meteorologico ed orografico della pianura padana. È auspicabile quindi come indicato dal Piano Regionale Integrato per contrastare l'inquinamento atmosferico potenziare interventi strutturali e lavorare in una dimensione di area vasta ed integrata.

2. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

La valutazione d'impatto sulla salute dei residenti del Comune e della Provincia di Bologna è stata effettuata prendendo in considerazione il PM₁₀, il PM_{2,5}, il biossido d'azoto (NO₂) e l'ozono (O₃) ossia gli inquinanti che presentano le maggiori criticità per la salute. Le informazioni sulle concentrazioni di questi inquinanti derivano dalla rete delle centraline Arpa di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio provinciale.

La rete delle centraline Arpa ha subito varie ristrutturazioni: alcune centraline sono state sostituite o disattivate, altre attivate¹⁰. Nell'ultimo periodo, il D. Lgs n. 155/2010 ha introdotto nuovi criteri di zonizzazione del territorio portando ad una ridefinizione della rete regionale, modificata rispetto alla precedente soprattutto nel numero di stazioni utili a valutare la qualità dell'aria. A livello provinciale, nel 2013 erano operative le seguenti centraline¹⁰:

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

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

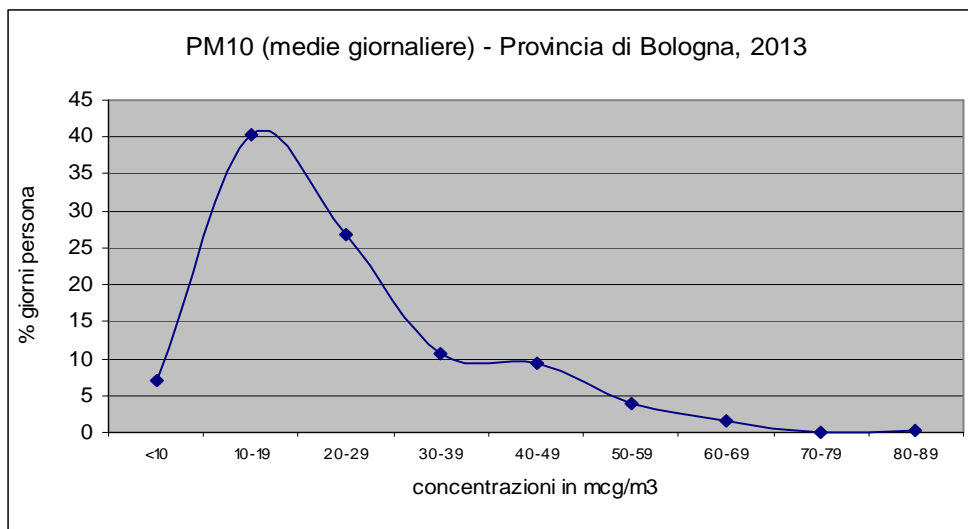
Come nelle valutazioni precedenti, si assume come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle varie centraline della Provincia. L'assunto supera il problema degli spostamenti della popolazione che avvengono nel corso dell'anno all'interno della Provincia per motivi di lavoro o per altri motivi. Similmente, come valore dell'esposizione della popolazione del Comune si considera la media dei valori di concentrazione giornaliera od oraria forniti dalle varie centraline del Comune.

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

Riportiamo per ogni inquinante alcune statistiche riepilogative relative al Comune e alla Provincia di Bologna. Per approfondimenti sui valori degli inquinanti a livello delle singole centraline e sui superamenti dei limiti normativi si rimanda al documento Arpa¹⁰ già citato. La tabella sottostante presenta alcuni dati per il PM₁₀ oltre alla media e alla massima annuale si riportano i superamenti del limite normativo.

	PM ₁₀			
	n. dati validi	Media annua	Massima annua	Giorni >50 µg/m ³
Provincia di Bologna	365	24,4	81	20
Comune di Bologna	365	25,0	84	23

Il grafico sottostante mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione provinciale alle diverse fasce di valori di PM₁₀. Si evince che per più del 65% dei giorni la popolazione è stata esposta a concentrazioni tra i 10 ed i 29 µg/m³.

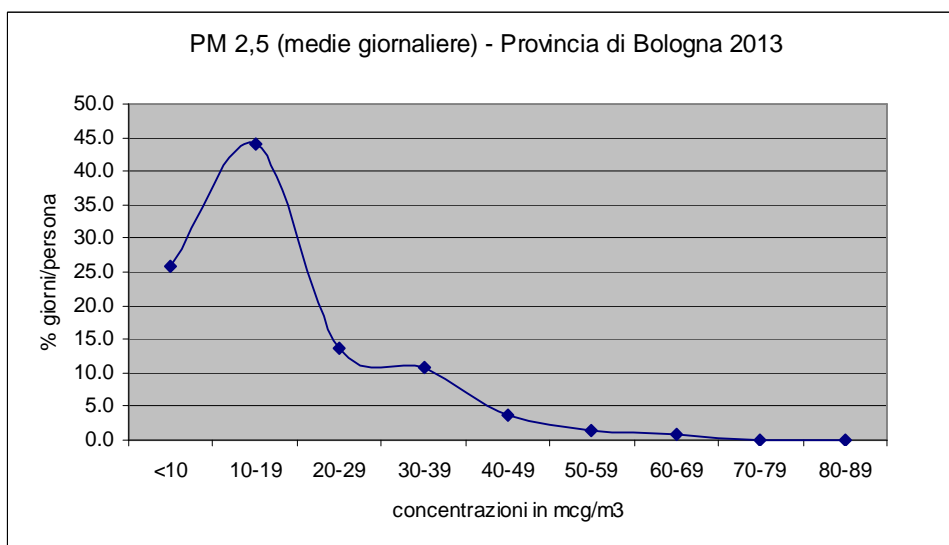


Sostanzialmente sovrapponibile risulta la curva relativa alla percentuale di giorni di esposizione della popolazione del Comune di Bologna che quindi non viene riportata.

I dati sul PM_{2,5} sono:

	PM _{2,5}		
	n. dati validi	Media annua	Massima annua
Provincia di Bologna	365	17,6	68
Comune di Bologna	365	17,8	78

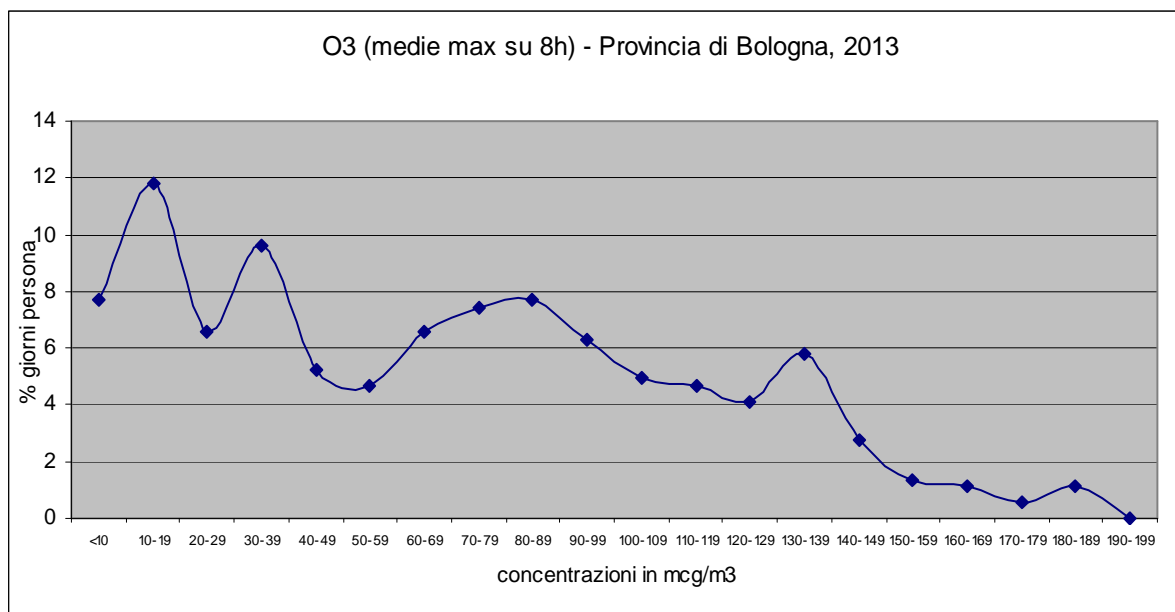
Il grafico sottostante mostra che le concentrazioni cui è esposta la popolazione della Provincia sono nella maggior parte inferiori a 20 µg/m³. Per il 45% circa dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione è stata esposta ad una concentrazione media tra i 10 e i 20 µg/m³. Molto simile è la curva relativa ai giorni di esposizione nel Comune.



Per l'ozono, la media annua e la massima della media massima su 8 ore sono:

	Ozono			Giorni con media max 8h > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	n. giorni validi	Media annua	Max media 8 h massima	
Provincia di Bologna	364	46,16	188,31	61
Comune di Bologna	363	46,19	196,06	72

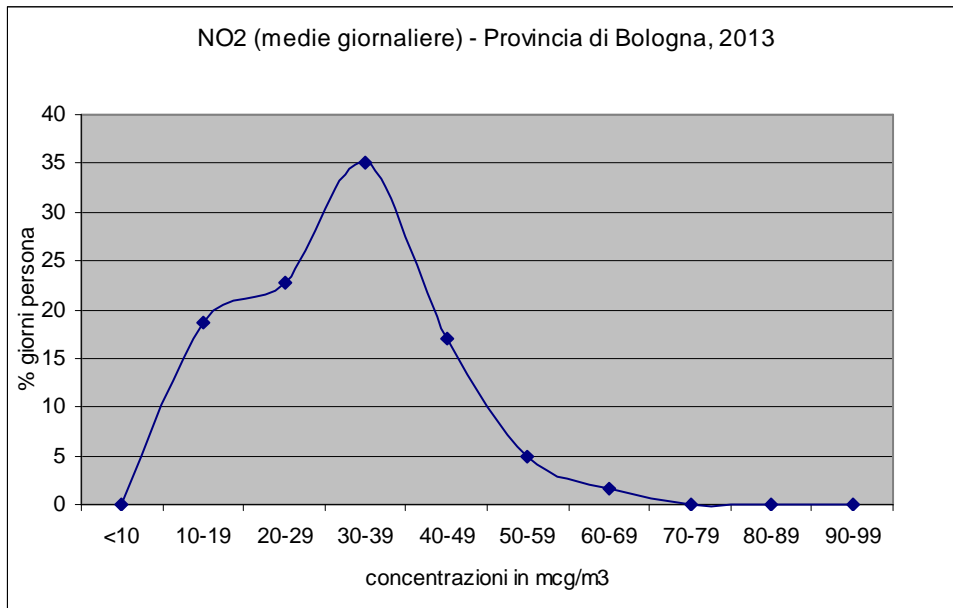
La percentuale di giorni di esposizione della popolazione della Provincia e del Comune per le diverse fasce di valori di O_3 segue un andamento multimodale, diverso quindi da quello degli altri inquinanti.



Per quanto riguarda il **biossido di azoto**, la media annua calcolata a partire dalle medie orarie giornaliere e la concentrazione oraria massima sono:

	NO ₂		
	n. giorni validi	Media annua	Massima oraria
Provincia di Bologna	365	30,49	87,20
Comune di Bologna	365	34,68	112,00

Il grafico seguente mostra la percentuale di popolazione esposta in un anno in funzione delle concentrazioni medie giornaliere di NO_2 : in più del 70% dei giorni la popolazione è esposta a concentrazioni sotto i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A livello comunale il grafico evidenzia un andamento simile con la curva spostata leggermente a destra, per una minor percentuale di giorni con concentrazioni sotto i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



3. Metodi

Per il calcolo dell'impatto sanitario, abbiamo utilizzato come nelle edizioni precedenti il software AirQ (AIR Quality health impact assessment tool) versione 2.2.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health"⁸. Il software consente di valutare l'impatto sanitario di un dato inquinante, in un'area e un periodo definiti, espresso come:

1) numero di decessi o ricoveri che si sarebbero potuti evitare se l'inquinante analizzato non avesse superato una determinata soglia arbitrariamente definita di "non effetto";

2) rischio attribuibile di popolazione percentuale (RA%), cioè la proporzione di eventi (morti o ricoveri), osservati in una popolazione durante un periodo di tempo, attribuibili all'esposizione. Il RA% corrisponde quindi alla percentuale di decessi o ricoveri tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare (o ritardare) se l'inquinante non avesse superato una data soglia¹¹;

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 2013 utilizzando la soglia di non effetto di 10 µg/m³.

Mentre gli anni di vita persi sono calcolati in base alle concentrazioni del PM_{2,5}, il numero di decessi attribuibili e il RA% vengono calcolati per ogni singolo inquinante. Tuttavia a causa di correlazioni tra i vari inquinanti, non è corretto sommare gli impatti stimati dei vari inquinanti tra loro, in quanto porterebbe ad una complessiva sovrastima. Questo discorso vale ancora di più tenendo conto che il PM_{2,5} è parte del PM₁₀^{1,9}.

3.1 Esiti e rischi relativi

L'impatto è stato calcolato per la mortalità naturale, ossia la mortalità per tutte le cause escluse le traumatiche, la mortalità respiratoria e cardiovascolare, e per i ricoveri per cause cardiovascolari e respiratorie definiti in base ai codici del sistema ICD X (decessi) e ICD IX (ricoveri).

Nelle valutazioni precedenti per il calcolo delle stime di impatto abbiamo utilizzato i rischi relativi (RR) implementati nel software AirQ⁸ desunti dalla letteratura scientifica degli anni '90. In questa valutazione sono stati adottati i nuovi RR che nel 2013, col Progetto HRAPIE (Health Risk for air pollution in Europe), l'OMS raccomanda di utilizzare nelle analisi di costo beneficio⁹. Visto che nel suddetto progetto non vengono date delle indicazioni su quali funzioni di rischio utilizzare per alcuni esiti del PM₁₀, per questo inquinante abbiamo continuato ad utilizzare i RR di AirQ.

Di seguito i RR utilizzati per la valutazione di impatto a breve termine degli inquinanti per i vari esiti considerati:

Inquinante	Esito	ICD X/ ICD IX9	Fonte	RR (IC95%)
PM ₁₀	Mortalità naturale	<S00	AirQ ⁸	1,0074 (1,0062-1,0086)
	Mortalità respiratoria	J01-J99	AirQ ⁸	1,012 (1,008-1,037)
	Mortalità cardiovascolare ^c	I20-I67 e G45	AirQ ⁸	1,008 (1,005-1,018)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	AirQ ⁸	1,008 (1,0048-1,0112)
	Ricoveri cause cardiovascolari ^c	410-436	AirQ ⁸	1,009 (1,006-1,013)
PM _{2,5}	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0123 (1,0045-1,0201)
	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE ⁹	1,0190 (0,9982-1,0402)
	Ricoveri cause cardiovascolari ^c	390-459	HRAPIE ⁹	1,0091 (1,0017-1,0166)
ozono	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0029 (1,0014-1,0043)
	Mortalità respiratoria	J01-J99	HRAPIE ⁹	1,0078 (1,0012-1,0146)
	Mortalità cardiovascolare ^c	I00-I99	HRAPIE ⁹	1,0054 (1,0017-1,0091)

^c Il termine cardiovascolare viene usato in modo diverso a seconda degli studi.

	Ricoveri cause respiratorie	460-519	HRAPIE ⁹	1,0044 (1,0007-1,0083)
	Ricoveri cause cardiovascolari (cause cardiache) ^c	390-429	HRAPIE ⁹	1,0089 (1,0050-1,0127)
NO ₂	Mortalità naturale	<S00	HRAPIE ⁹	1,0027 (1,0016-1,0038)

Per il calcolo dell'impatto a lungo termine il RR raccomandato dall'OMS e qui utilizzato, si riferisce alla mortalità naturale ed è: 1,62 (IC 95%: 1.040-1.083)⁹

Negli ultimi anni alcuni studi hanno prodotto stime di rischio locali. In particolare il progetto EpiAir 2 già menzionato⁴, terminato nel 2013, ha prodotto come risultati principali le stime di rischio per vari esiti associate al PM₁₀, PM_{2,5}, ozono e NO₂, riferiti alla popolazione residente in 25 città italiane, tra cui Bologna¹²⁻¹³. Quando confrontabili, perché calcolati sullo stesso esito, i RR di EpiAir 2 sono generalmente inferiori, pur con intervalli di confidenza sovrapponibili a quelli proposti dal progetto HRAPIE. Ancora più recentemente Arpa-RER ha prodotto una metanalisi (in corso di pubblicazione) degli effetti del PM_{2,5} e del PM₁₀ a livello regionale seguendo la metodologia proposta da EpiAir 2, anche in questo caso le stime risultano inferiori a quelle proposte dall'OMS.

Conseguentemente a parità di inquinamento, l'utilizzo dei RR proposti nel progetto HRAPIE porta nella maggior parte dei casi a stime di impatto più alte di quelle ricavate utilizzando i RR trovati con EpiAir 2 o con la metanalisi di Arpa-RER.

Per completezza, per la mortalità naturale a margine delle stime di impatto principali calcolate con i RR proposti nel progetto HRAPIE, si presentano le stime di impatto che si ottengono utilizzando le funzioni di rischio del PM₁₀ e del PM_{2,5} locali della metanalisi di Arpa-RER e del NO₂ di EpiAir 2.

3.2 Soglie

Nella valutazione, per il calcolo del numero di morti e dei ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e del rischio attribuibile percentuale sono state considerate come soglie "di non effetto" i 10 µg/m³ ed i seguenti valori sulla base di indicazioni normative o di indicazioni dell'OMS⁹.

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

3.3 Confronti temporali

Le stime di impatto presentate nei diversi rapporti di valutazione non possono essere confrontate tra loro a causa dei cambiamenti avvenuti alla rete di monitoraggio, per il nuovo sistema di codifica delle cause di mortalità adottato nel 2009 e per l'aggiornamento delle stime di rischio.

In questa sede baseremo perciò i confronti temporali considerando solo dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio e studieremo i RA% che non sono sensibili alle modifiche introdotte col nuovo sistema di codifica. In ogni caso riferendosi alla mortalità generale i cambiamenti nella codifica non portano a nessuna variazione.

L'andamento temporale dell'impatto verrà stimato utilizzando un modello di regressione lineare e si definirà significativo un valore di p<0.05.

4. VIS per la Provincia di Bologna

4.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

Per calcolare le stime d'impatto è necessario possedere i tassi grezzi degli effetti da misurare, utilizzando la popolazione residente¹⁴ nel 2013.

Popolazione della Provincia	1/1/2013	1/1/2014 ^d	media nel 2013
Tutte le età	1003915	1001451	1002683,5
>34 anni	683674	683796	683735

Nel 2013 i residenti in provincia di Bologna morti¹⁵ in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi (rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo) per 100.000 residenti, per le cause considerate, sono:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	10580	1055,17
Mortalità naturale (ICD X > S00) - >34 anni	10514	1537,73
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	3911	390,05
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I20-I67 e G45)	2986	297,8
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	931	92,85

Si riporta di seguito il numero totale di ricoveri ed il tasso grezzo di ospedalizzazione per 100.000 che si osserva tra i residenti nella Provincia di Bologna ricoverati in strutture sanitarie della stessa provincia, per determinati gruppi di cause e fasce di età, dopo aver escluso i ricoveri in regime di Day Hospital.

Cause ricoveri residenti in Provincia di Bologna	Numero (tutte le età)	Tasso ospedalizzazione x 100.000
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	12352	1231,89
malattie cardiovascolari (ICD IX 390-459)	19535	1948,27
malattie cardiovascolari (ICD IX 410-436)	14870	1483,02
malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	11580	1154,90

4.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

La seguente tabella riporta il numero dei decessi attribuibili al PM₁₀ in funzione della soglia considerata di "non effetto", con i corrispondenti rischi attribuibili espressi in percentuale e calcolati sul totale della popolazione esposta nel periodo considerato, per la mortalità naturale, per cause cardiache e cerebrovascolari e per cause respiratorie.

^d Dato aggiornato al 24/07/2014

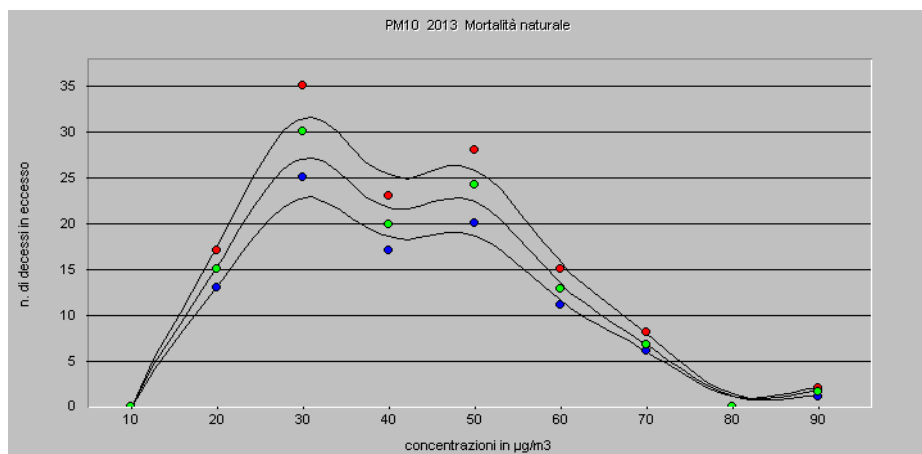
Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>40	>20	>10
Mortalità Naturale				
Tasso* =1055,17	Stima N morti (IC 95%)	12 (10-14)	56 (47-65)	115 (96-133)
	RA% (IC95%)	0,45 (0,38-0,52)	0,60 (0,50-0,69)	1,08 (0,91-1,26)
Mortalità cardiovascolare				
Tasso=297,8	Stima N morti (IC 95%)	4 (2-8)	18 (11-40)	35 (22-77)
	RA% (IC95%)	0,49 (0,30-1,09)	0,64 (0,40-1,44)	1,17 (0,74-2,60)
Mortalità Respiratoria				
Tasso=92,85	Stima N morti (IC 95%)	2 (1-5)	8 (6-25)	16 (11-48)
	RA% (IC95%)	0,73 (0,49-2,21)	0,96 (0,64-2,91)	1,75 (1,17-5,19)

tasso X 100000

Come si può osservare dalla tabella, alla soglia di “non effetto” più bassa, il numero dei morti per cause naturali attribuibili al PM₁₀ nella Provincia di Bologna è pari a 115 (IC 95%: 96-133), corrispondente ad un RA% dell’1,08.

Il numero di morti in eccesso diminuisce all’aumentare del valore soglia che si prende in considerazione: tanto più alta è la soglia considerata “accettabile”, tanto minore risulta il numero dei morti “attribuibili” al suo superamento. A tutte le soglie, il maggiore RA % è osservato per la mortalità per cause respiratorie (1,75% alla soglia di 10 µg/m³).

Utilizzando le funzioni di rischio derivate dalla metanalisi regionale il numero di morti attribuibili a questo inquinante, alla soglia di 10 µg/m³ è di 87 (IC 95% 42-131), corrispondente ad un RA% di 0,82 (IC 95% 0,40-1,24).

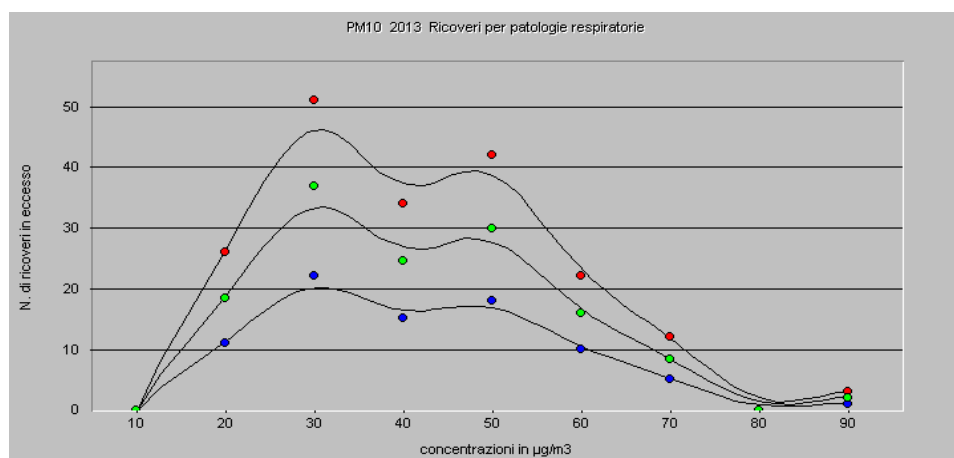
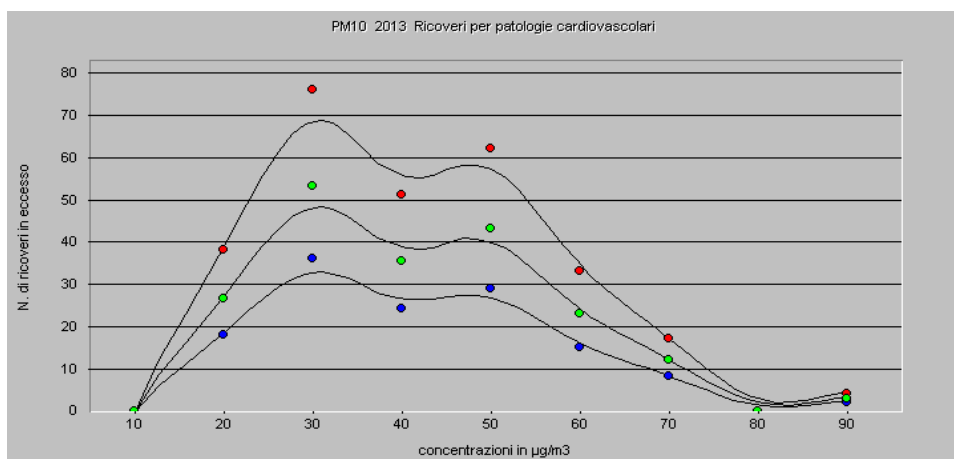


La figura mostra come sono distribuiti i 115 morti in eccesso (la distribuzione media è rappresentata dalla curva centrale nel grafico, le altre due corrispondono ai relativi intervalli di confidenza al 95%) alla soglia di 10 µg/m³. La maggior parte dei morti in eccesso avviene ad esposizioni comprese tra i 20 ed i 30 µg/m³, le concentrazioni più frequentemente presenti durante l’anno.

La tabella seguente riporta per le patologie respiratorie e quelle cardiovascolari le stime di impatto sui ricoveri per la provincia di Bologna.

Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie				
Tasso =1154,90	Stima N morti (IC 95%)	15 (9-20)	69 (42-97)	136 (82-189)
	RA% (IC95%)	0,49 (0,29-0,68)	0,64 (0,39-0,90)	1,17 (0,71-1,63)
Ricoveri per patologie cardiovascolari				
Tasso=1483,02	Stima N morti (IC 95%)	21 (14-30)	100 (67-144)	196 (131-281)
	RA% (IC95%)	0,55 (0,37-0,79)	0,72 (0,48-1,04)	1,32 (0,88-1,89)

A tutte le soglie, il PM₁₀, ha un impatto maggiore sui ricoveri per patologie cardiovascolari rispetto a quelle respiratorie. Alla soglia di 10 µg/m³ sono 196 i ricoveri per cause cardiovascolari attribuibili al PM₁₀, pari ad un RA% dell'1,32%.



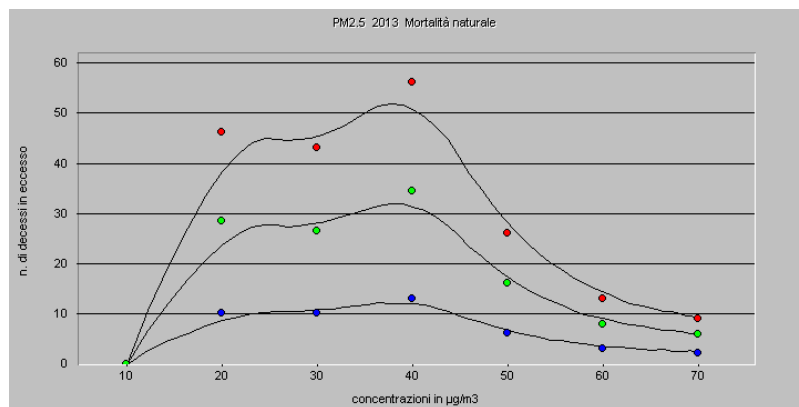
Come si vede dalla figura, sia per le patologie respiratorie che per quelle cardiovascolari, il numero più alto di ricoveri in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 30 µg/m³.

4.3 Stima dell'impatto sanitario del PM_{2,5}

Alla soglia di 10 µg/m³, il numero di morti attribuibili al PM_{2,5} è di 119, corrispondente all'1,12% di tutti i decessi per cause naturali.

Provincia di Bologna, 2013		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			
Tasso =1055,17	Stima N morti (IC 95%)	52 (19-85)	119 (44-193)
	RA% (IC 95%)	0,66 (0,24-1,08)	1,12 (0,41-1,82)

La figura mostra come sono distribuiti i 119 morti in eccesso (con i relativi intervalli di confidenza), alla soglia di 10 µg/m³, in base alle concentrazioni di PM_{2,5}. La maggior parte dei morti in eccesso avviene a concentrazioni tra i 20 ed i 40 µg/m³ di PM_{2,5}.



Utilizzando le funzioni di rischio derivate dalla metanalisi regionale il numero di morti attribuibili a questo inquinante, alla soglia di 10 µg/m³ è di 35 (IC 95% 0-83), corrispondente ad un RA% di 0,33 (IC 95% 0-0,8).

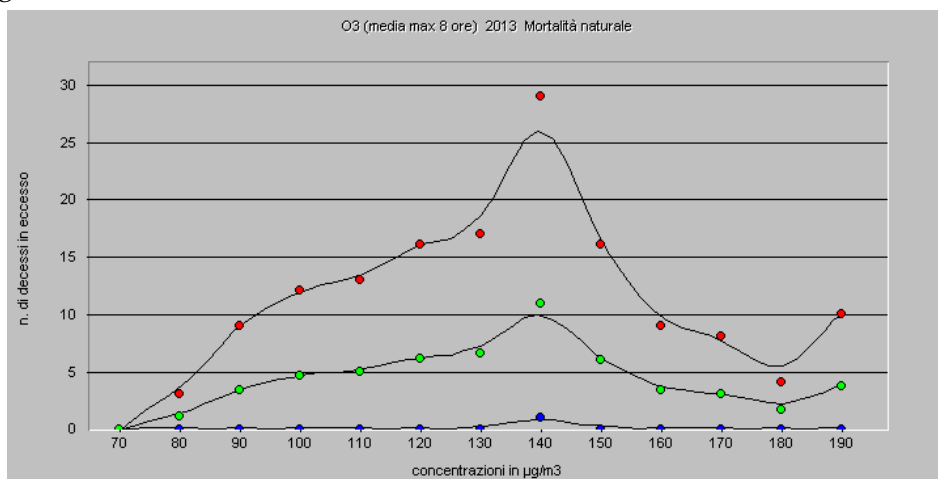
Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di PM _{2,5} (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
Tasso =1154,90	Stima N morti (IC 95%)	88 (0-183)	200 (0-415)
	RA% (IC95%)	1,02 (0-2,13)	1,73 (0-3,58)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
Tasso=1948,27	Stima N morti (IC 95%)	71 (13-130)	163 (31-295)
	RA% (IC95%)	0,49 (0,09-0,89)	0,83 (0,16-1,51)

4.4 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

Alla soglia di $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il RA% all'ozono è del 1,01% per la mortalità naturale, del 1,86% e del 2,66% per la mortalità cardiovascolare e respiratoria.

Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>110	>70	>10
Mortalità Naturale				
Tasso =1055,17	Stima N morti (IC 95%)	17 (8-26)	58 (28-85)	179 (87-263)
	RA% (IC 95%)	0,62 (0,30-0,91)	1,01 (0,49-1,48)	1,69 (0,82-2,48)
Mortalità Cardiovascolare				
Tasso=390,05	Stima N morti (IC 95%)	12 (4-20)	40 (13-66)	121(39-200)
	RA% (IC95%)	1,15 (0,36-1,92)	1,86 (0,59-3,09)	3,10 (1,00-5,12)
Mortalità Respiratoria				
Tasso=92,85	Stima N morti (IC 95%)	4 (1-7)	14 (2-25)	41 (7-74)
	RA% (IC95%)	1,65 (0,26-3,03)	2,66 (0,42-4,87)	4,42 (0,71-7,97)

La figura mostra la distribuzione dei 58 (28-85) morti in eccesso alle varie concentrazioni di ozono avendo come riferimento la soglia di $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento mostra i valori maggiori tra i 130 ed i 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di ozono.



La stima dei ricoveri in eccesso da attribuire all'ozono alla soglia di $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è: 96 per le patologie di tipo respiratorio e 203 per quelle di tipo cardiovascolare ossia 1,52 e 3,03% di tutti i ricoveri per le medesime cause.

Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>110	>70	>10
Ricoveri per patologie respiratorie				
Tasso =1154,90	Stima N morti (IC 95%)	29 (5-54)	96 (15-178)	295 (48-543)
	RA% (IC 95%)	0,94 (0,15-1,75)	1,52 (0,25-2,83)	2,54 (0,41-4,69)
Ricoveri per patologie cardiovascolari				
Tasso=1231,89	Stima N morti (IC 95%)	61 (35-87)	203 (116-287)	619 (356-865)
	RA% (IC95%)	1,87 (1,06-2,65)	3,03 (1,72-4,26)	5,01 (2,88-7,00)

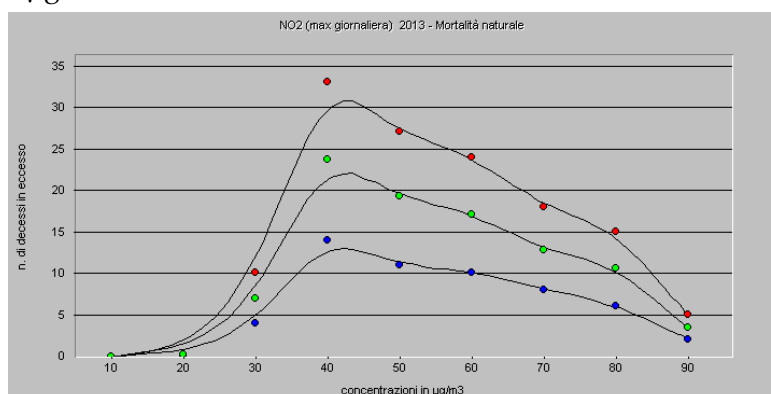
4.5 Stima dell'impatto sanitario del Biossido d'Azoto

La seguente tabella riporta il numero dei decessi in eccesso attribuibili all' NO_2 ed i corrispondenti RA% per la mortalità naturale.

Provincia di Bologna, 2013		Valore limite di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>40	>10
Mortalità Naturale			
Tasso =1055,17	Stima N morti (IC 95%)	22 (13-31)	94 (56-132)
	RA% (IC 95%)	0,26 (0,15-0,36)	0,89 (0,53-1,25)

Utilizzando i RR calcolati nel progetto EpiAir 2, alla soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il numero di morti attribuibili è leggermente superiore: 122 (IC 95% 33-213) ed il RA% è 1,16 (IC 95% 0,31-2,02), alla soglia di $>40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ l'impatto è invece inferiore, il numero di morti sono 11 (IC 95% 3-19) e il RA% 0,18 (IC 95% 0,05-0,32). I RR di EpiAir sono stimati sulle concentrazioni medie giornaliere, mentre quelle di HRAPIE sulle concentrazioni massime giornaliere.

La figura mostra come sono distribuiti i 94 morti in eccesso con i relativi intervalli di confidenza) alle soglie di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



4.6 Gli anni di vita persi

Anche per questa stima, calcolata a partire dalle concentrazioni di PM_{2,5}, si è utilizzato il software AirQ, versione 2.2.3⁶. Considerando la soglia di “non effetto” di 10 µg/ si ottiene la “speranza di vita” espressa in anni per ogni età e gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM_{2,5} nel 2013. Nella tabella la colonna “% impatto” fornisce il valore di quanto gli anni persi incidono sul totale di anni di speranza di vita per ogni classe d’età considerata.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	83,17	0,41	(0,27-0,54)	0,49
5	78,55	0,41	(0,27-0,54)	0,52
10	73,57	0,41	(0,27-0,54)	0,56
20	63,63	0,41	(0,27-0,55)	0,64
30	53,79	0,41	(0,27-0,55)	0,76
50	34,49	0,39	(0,25-0,51)	1,13
65	21,11	0,34	(0,22-0,45)	1,61
80	9,76	0,24	(0,16-0,32)	2,46
100	2,23	0,09	(0,06-0,12)	4,04

La tabella si legge nel seguente modo: un bambino nato nel 2013 in Provincia di Bologna, ha una speranza di vita di circa 83 anni. Di questi però 0,41 (IC 95% 0,27-0,54) anni vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2013. Sono soprattutto le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di speranza di vita perduta. L’inquinamento ha un impatto via via crescente sulla speranza di vita all’aumentare dell’età. Dopo i 50 anni, più del 1% della speranza di vita viene perduta a causa dell’inquinamento e arriva al valore massimo di 4,04%.

Il programma fornisce anche questi ulteriori dati:

Anni di vita persi nel corso del 2013 (IC al 95 %)	Tasso x 100.000 residenti
Tutte le età	236 (155,11 – 311,08)
< 65 anni	23,39 (15,35 – 30,76)

Nel 2013 la popolazione provinciale ha perduto circa 236 anni di vita a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5}, ossia 23,45 (IC95% 15,38 – 30,85) anni ogni 100 mila abitanti. Nel 2012 gli anni di vita persi erano 33,21 (IC95% 21,84 – 43,59) per 100 mila abitanti.

La popolazione di età inferiore ai 65 anni (ma superiore a 30^e) ha perso 23,39 anni di vita (3,07 ogni 100.000 abitanti) sempre a causa dell’inquinamento da PM_{2,5}.

⁶ Il modello utilizzato da AirQ 2.2.3 considera solo la popolazione con più di 30 anni. Pertanto nel computo degli anni di vita persi attribuibili all’esposizione al PM_{2,5}, non entrano gli anni persi dai soggetti di età inferiore ai 30 anni.

5. VIS per il Comune di Bologna

5.1 Popolazione, mortalità e ricoveri

I dati di popolazione¹⁴, per il Comune di Bologna necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono:

Popolazione del Comune	Al 1/01/2013	Al 1/1/2014 ^f	media nel 2013
Tutte le età	385329	384202	384765,5
>34	264790	264075	264432,5

Il numero di residenti, morti¹⁵ in qualsiasi località, per le cause considerate, ed i tassi grezzi di mortalità per 100.000 residenti è:

Cause mortalità	Numero	Tasso grezzo x 100.000
Mortalità naturale (ICD X > S00) - tutte le età	4346	1.129,52
Mortalità naturale (ICD X > S00) - >34 anni	4321	1634,07
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I00-I99)	1609	418,18
Mortalità per malattie cardiovascolari (ICD X I20-I67, G45)	1243	323,05
Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (ICD X J01-J99)	369	95,90

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

Cause ricoveri residenti nel Comune di Bologna	Numero (tutte le età)	Tasso ospeda- lizzazione x 100.000
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-429)	5467	1420,87
Malattie cardiovascolari (ICD IX 390-459)	8671	2253,58
Malattie cardiovascolari (ICD IX 410-436)	6401	1663,6
Malattie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	4701	1221,8

5.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

A Bologna, si stimano 50 decessi (IC 95% 42-57) attribuibili al PM₁₀, corrispondenti all'1,14 dei decessi per tutte le cause naturali se consideriamo 10 µg/m³ il valore limite al di sotto del quale non vi sono effetti sulla salute. La tabella mostra anche le stime per altri valori limite e per altri esiti di salute.

		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>40	>20	>10
Comune di Bologna, 2013				
Mortalità Naturale				
Tasso =1129,52*	Stima N morti (IC 95%)	6 (5-7)	26 (22-30)	50 (42-57)
	RA% (IC95%)	0,51 (0,42-0,59)	0,63 (0,53-0,74)	1,14 (0,96-1,32)

^f Dato aggiornato al 24/07/2014

Comune di Bologna, 2013		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 Cardiovascolare				
Tasso=323,05	Stima N morti (IC 95%)	2 (1-4)	8 (5-18)	15 (10-34)
	RA% (IC95%)	0,54 (0,34-1,22)	0,68 (0,43-1,53)	1,23 (0,77-2,72)
Mortalità Respiratoria				
Tasso=95,90	Stima N morti (IC 95%)	1 (1-2)	4 (2-11)	7 (5-20)
	RA% (IC95%)	0,82 (0,55-2,48)	1,02 (0,68-3,09)	1,83 (1,22-5,44)

*tasso X 100000

Utilizzando le funzioni di rischio derivate dalla metanalisi regionale, il numero di morti attribuibili a questo inquinante, alla soglia di 10 µg/m³, risulta essere pari a 37 (IC 95% 18-56), corrispondente ad un RA% di 0,86 (IC 95% 0,42-1,31).

La tabella sottostante riporta per le patologie respiratorie e quelle cardiovascolari le stime di impatto sui ricoveri per il Comune di Bologna.

Comune di Bologna, 2013		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>40	>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie				
Tasso =1221,8	Stima N morti (IC 95%)	7 (4-10)	30 (18-42)	58 (35-81)
	RA% (IC95%)	0,55 (0,33-0,76)	0,68 (0,41-0,96)	1,23 (0,74-1,71)
Ricoveri per patologie cardiovascolari (ICD IX 410-436)				
Tasso=1663,6	Stima N morti (IC 95%)	10 (7-15)	46 (31-66)	89 (59-127)
	RA% (IC95%)	0,61 (0,41-0,89)	0,77 (0,51-1,11)	1,38 (0,93-1,98)

5.3 Stima dell'impatto sanitario del PM_{2,5}

Per quanto riguarda il PM_{2,5} il RA% è del 1,15% a 10 µg/m³

Comune di Bologna, 2013		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			
Tasso =1129,52	Stima N morti (IC 95%)	23 (8-37)	50 (19-81)
	RA% (IC 95%)	0,70 (0,26-1,14)	1,15 (0,42-1,87)

Utilizzando le funzioni di rischio derivate dalla metanalisi regionale il numero di morti attribuibili a questo inquinante, alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è di 15 (IC 95% 0-35), corrispondente ad un RA% di 0,34 (IC 95% 0-0,8).

Comune di Bologna, 2013		Valore limite di $\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>20	>10
Ricoveri per patologie respiratorie			
Tasso =1221,8	Stima N morti (IC 95%)	37 (0-78)	83 (0-173)
	RA% (IC95%)	1,08 (0-2,25)	1,77 (0-3,67)
Ricoveri per patologie cardiovascolari			
Tasso=2253,80	Stima N morti (IC 95%)	33 (6-60)	74 (14-134)
	RA% (IC95%)	0,52 (0,10-0,94)	0,86 (0,16-1,55)

Alla stessa soglia, per quanto riguarda i ricoveri, al $\text{PM}_{2,5}$ sono attribuibili l'1,77% dei ricoveri per cause respiratorie e lo 0,86 % di quelli per cause cardiovascolari.

5.4 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

Alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel comune di Bologna, sono attribuibili 26 morti in eccesso, ossia l'1,13% della mortalità generale, come si vede dalla tabella sottostante che presenta anche le stime dei morti attribuibili ad altri valori limite.

Comune di Bologna, 2013		Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>110	>70	>10
Mortalità naturale				
Tasso =1129,52	Stima N morti (IC 95%)	9 (4-13)	26 (13-38)	73 (35-107)
	RA% (IC 95%)	0,73 (0,35-1,07)	1,13 (0,55-1,67)	1,67 (0,81-2,46)
Mortalità Cardiovascolare				
Tasso=418,18	Stima N morti (IC 95%)	6 (2-9)	16 (4-27)	45 (12-77)
	RA% (IC95%)	1,22 (0,33-1,68)	1,90 (0,51-3,25)	2,79 (0,76-4,75)
Mortalità Respiratoria				
Tasso=95,90	Stima N morti (IC 95%)	1 (0-2)	2 (0-5)	6 (0-15)
	RA% (IC95%)	0,72 (0,82-1,73)	1,13 (0-2,70)	1,67 (0-3,95)

L'impatto dell'ozono sulla mortalità per cause cardiovascolari è del 1,90%. Per quanto riguarda l'impatto sui ricoveri alla soglia di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le stime dei RA% variano tra l'1,71% (ricoveri per malattie respiratorie) ed il 3,40% (ricoveri per malattie cardiovascolari).

Comune di Bologna, 2013		Valore limite di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)		
		>110	>70	>10
Ricoveri per malattie respiratorie				
Tasso =1221,8	Stima N morti (IC 95%)	14 (2-27)	42 (7-78)	118 (19-219)
	RA% (IC95%)	1,10 (0,18-2,05)	1,71 (0,28-3,17)	2,52(0,41-4,64)
Ricoveri per malattie cardiovascolari				
Tasso=1420,87	Stima N morti (IC 95%)	33 (19-47)	97 (56-137)	272 (156-379)
	RA% (IC95%)	2,19 (1,24-3,10)	3,40 (1,94-4,78)	4,96 (2,85-6,94)

5.5 Stima dell'impatto sanitario del Biossido d'Azoto

Il numero dei decessi attribuibili al NO_2 per le soglie di 10, e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la mortalità per cause naturali sono, rispettivamente, 49 e 17 come riportato nella tabella sottostante.

Comune di Bologna, 2013		Valore limite di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>40	>10
Mortalità naturale			
Tasso =1129,52	Stima N morti (IC 95%)	17 (10 -24)	49 (29 -69)
	RA% (IC 95%)	0,43 (0,26–0,61)	1,13 (0,67-1,58)

Utilizzando i RR calcolati nel progetto EpiAir 2, alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ il numero di morti attribuibili è leggermente superiore: 58 (IC 95% 16-101) ed il RA% è 1,35 (IC 95% 0,36-2,35), alla soglia di >40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è 9 (IC 95% 2-16) e il RA% 0,31 (IC 95% 0,08-0,55). I RR derivati da EpiAir 2 sono stimati sulle medie giornaliere, mentre quelle di HRAPIE sulle massime giornaliere

5.6 Gli anni di vita persi

Tramite il software AirQ si calcolata anche la “speranza di vita” (espressa in anni) per ogni età e gli “anni di speranza vita persi” a seguito dell’esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM_{2,5} nel 2013, considerando la soglia di “non effetto” pari a 10 µg/m³. La tabella successiva riporta, oltre a questi dati, anche la “percentuale (%) di impatto”, cioè quanto gli anni di vita persi a causa dell’esposizione PM_{2,5} “pesano” sulla speranza di vita, per ogni età considerata.

Di seguito presentiamo la “speranza di vita” in anni e gli anni di vita persi a seguito dell’esposizione alle concentrazioni di PM_{2,5}, per età.

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	(IC 95 %)	% impatto
0	83,48	0,43	(0,28-0,57)	0,52
5	78,89	0,44	(0,28-0,58)	0,56
10	73,89	0,44	(0,28-0,58)	0,60
20	63,94	0,44	(0,28-0,58)	0,69
30	54,08	0,44	(0,28-0,58)	0,81
50	34,79	0,41	(0,27-0,54)	1,18
65	21,52	0,36	(0,23-0,47)	1,67
80	10,19	0,26	(0,17-0,34)	2,55
100	2,49	0,11	(0,07-0,14)	4,42

Si desume che un bambino nato nel 2013 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità generale, la speranza di vivere circa 83 anni. Di questi però 0,43 (IC 95% 0,28-0,57) anni vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da PM_{2,5} del 2013. Il programma fornisce anche altri indicatori:

	Anni di vita persi nel 2013 (IC 95 %)	Tasso x 100.000 residenti (IC 95 %)
Tutte le età	99,71 (65,45 – 131,14)	25,76 (16,91 – 33,88)
< 65 anni	9,29 (6,10 – 12,22)	3,26 (2,14 – 4,29)

Nel complesso nel Comune di Bologna nell’anno 2013 l’insieme degli anni di vita persi è 99,71 (IC 95% 65,45 – 131,14), ossia 25,76 (IC 95% 16,91 – 33,88) ogni 100.000 abitanti. Nel 2012 gli anni di vita persi erano 35,66 (IC 95% 23,45-46,79) ogni 100.000 abitanti

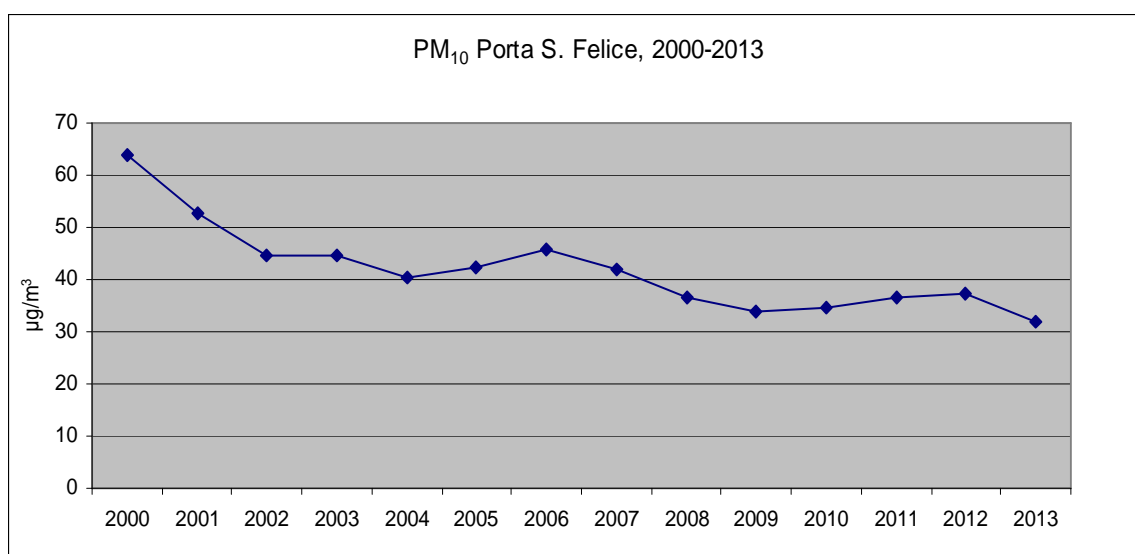
6. Confronto temporale

Di seguito riportiamo l'andamento temporale delle concentrazioni dei quattro inquinanti e del loro impatto sulla mortalità. Come specificato nella nota metodologica i confronti temporali si basano solo su dati ambientali provenienti dalla stessa centralina applicando le stesse stime di rischio.

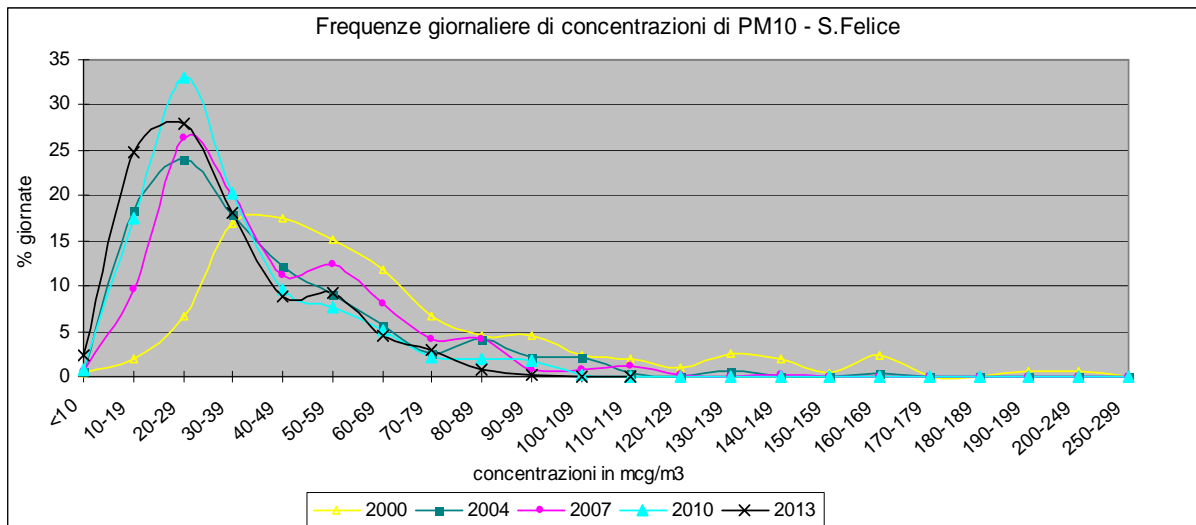
Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di **PM₁₀** e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando i dati provenienti dalla centralina di S. Felice per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 2000 al 2013, e che sono riassunti nella seguente tabella:

PM ₁₀						
Anno	n. dati	Media	d.s.	25 ^o perc.	Mediana	75 ^o perc.
2000	303	64	36,9	38,5	53,0	75,0
2001	246	53	28,6	31,0	49,0	70,0
2002	341	45	32,2	23,0	36,0	55,0
2003	335	45	23,7	25,5	38,0	55,5
2004	318	40	20,9	21,3	33,0	51,0
2005	337	42	19,9	28,0	37,0	53,0
2006	321	45	26,3	28,0	39,0	56,0
2007	345	42	22,8	25,0	35,0	55,0
2008	351	37	20,4	23,0	31,0	44,0
2009	357	34	16,7	23,0	29,0	40,0
2010	355	34	18,6	21,0	29,0	41,0
2011	359	37	20,0	23,0	31,0	44,0
2012	361	37	19,8	23,0	32,0	47,0
2013	347	32	17,2	19,0	28,0	40,5

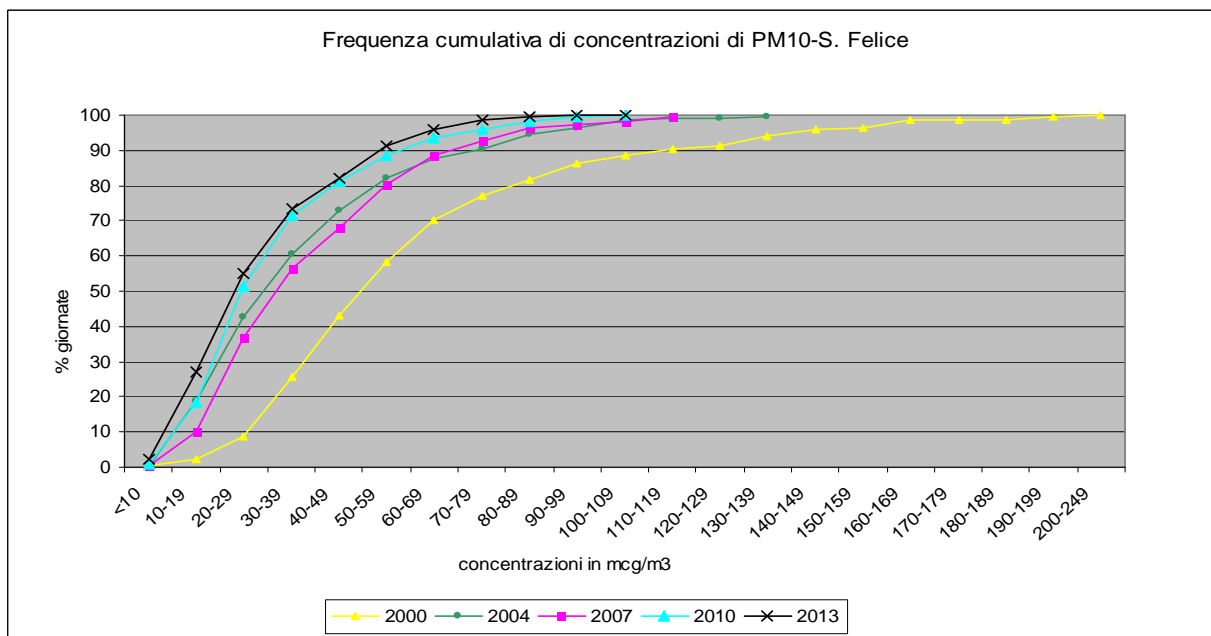
Nel periodo considerato sia la media che la mediana tendono a diminuire, con una lieve crescita negli anni 2005 e 2006 e nel 2011. Nel 2013, le concentrazioni medie di questo inquinante sono le più basse del periodo. Complessivamente, come si osserva nel grafico seguente, i dati indicano la presenza di un trend lineare significativamente ($p < 0,001$) in diminuzione ($-1,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno).



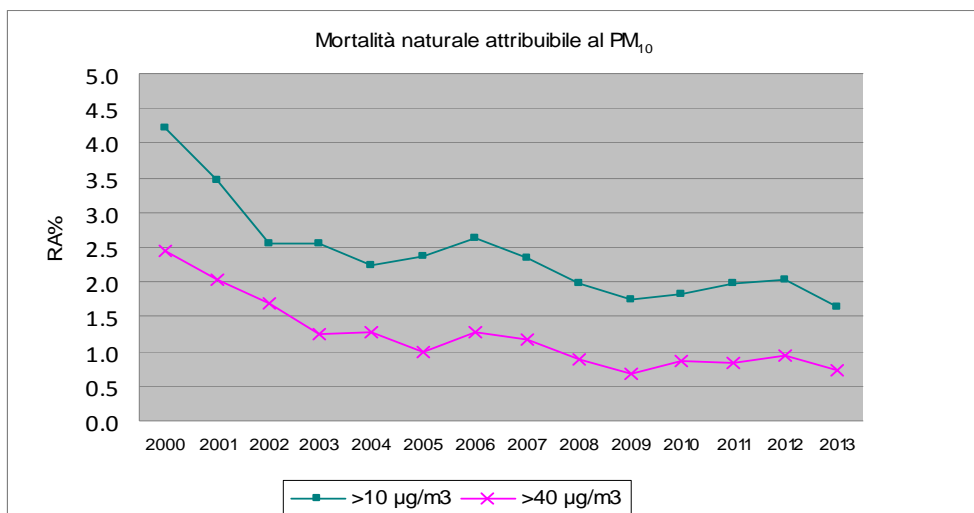
Considerando la distribuzione di frequenza delle concentrazioni giornaliere, suddivise in classi, si può disegnare il seguente grafico:



A partire dal 2000 le concentrazioni più frequenti si spostano nella parte sinistra del grafico, cioè verso i livelli di concentrazione più bassi, con una minore dispersione verso i valori più elevati, ancora più evidente nel 2013. Se consideriamo la distribuzione delle giornate con concentrazioni superiori a 50 µg/m³, limite previsto dalla normativa, si nota come nel 2013, meno del 20% delle giornate ha valori superiori. Tali giornate erano oltre il 50 % nel 2000 ed intorno al 30% nel 2007.

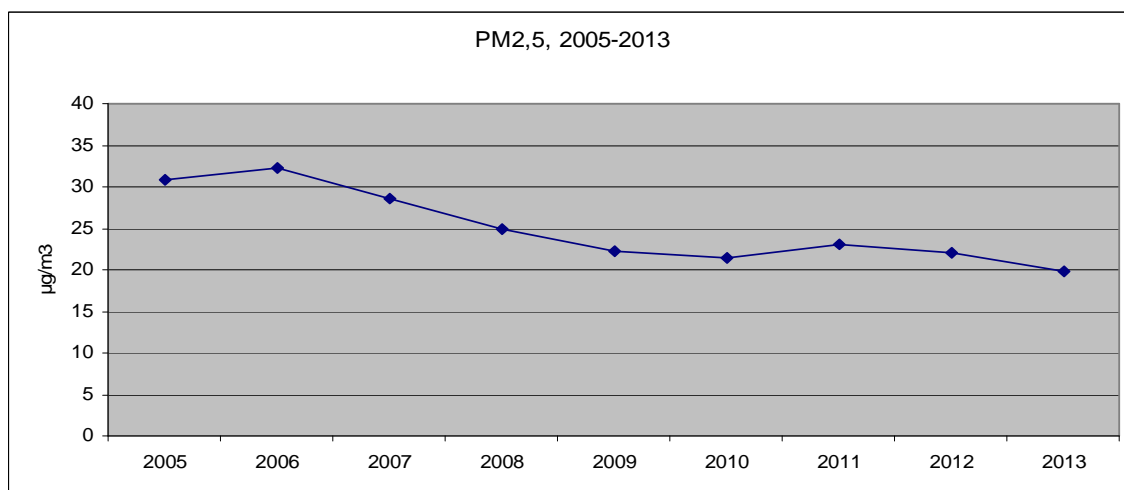


Per quanto riguarda la mortalità attribuibile al PM₁₀, utilizzando i dati di concentrazione della centralina di Porta S. Felice, l'andamento dei RA% che si ottiene è rappresentato nella seguente figura:

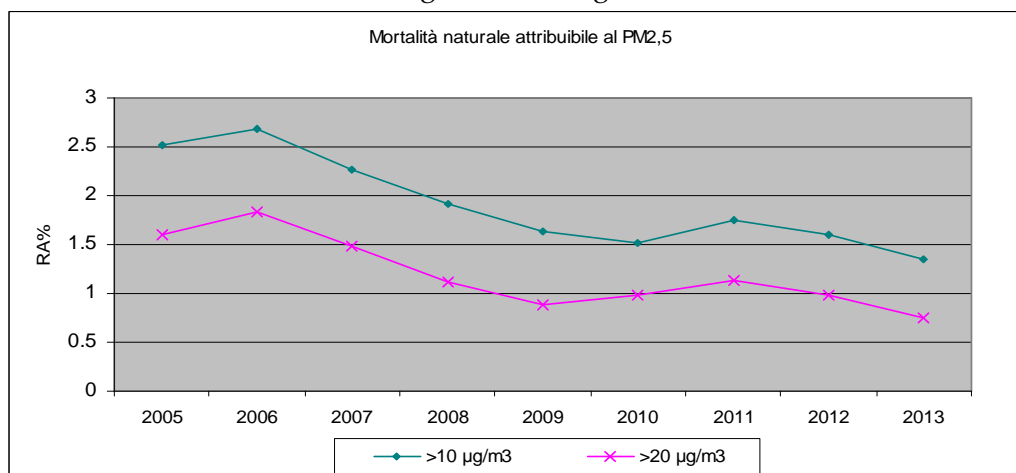


Gli effetti sanitari presentano un complessivo decremento con una riduzione superiore nei primi anni ed un decremento più modesto e non continuo successivamente. Rispetto al 2012, nel 2013 si registra una lieve diminuzione, più marcata alla soglia più bassa.

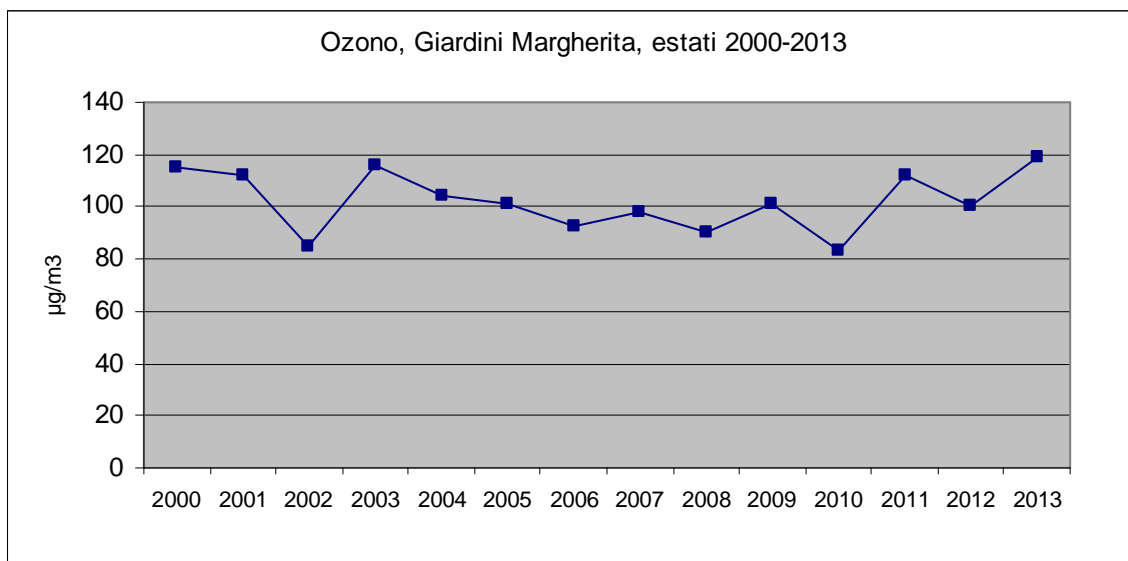
I dati sulle concentrazioni del PM_{2,5} mostrano complessivamente un trend significativo ($p=0,001$) in riduzione con il valore più basso registrato nel 2013.



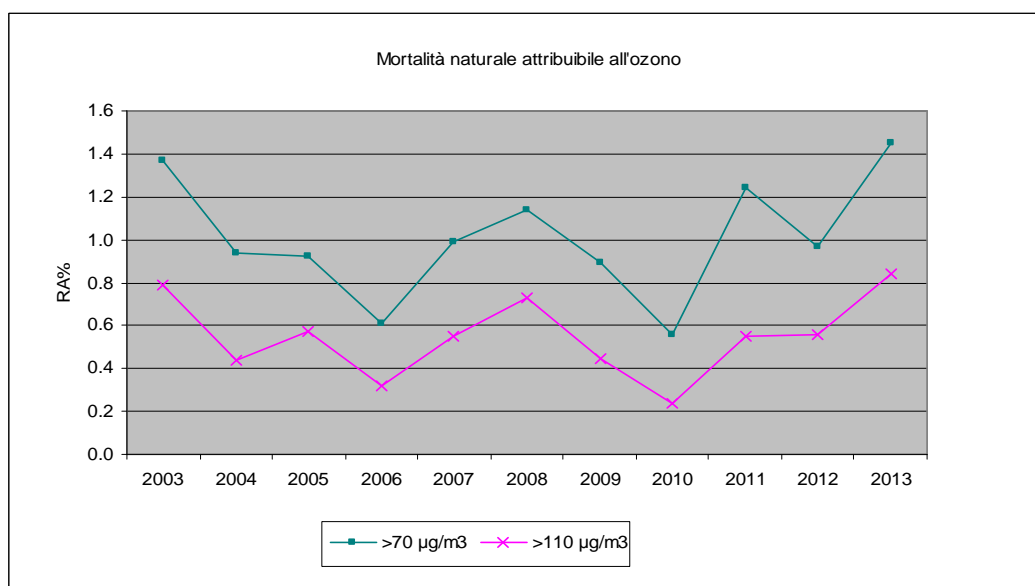
La mortalità attribuibile segue, conseguentemente, un andamento simile.



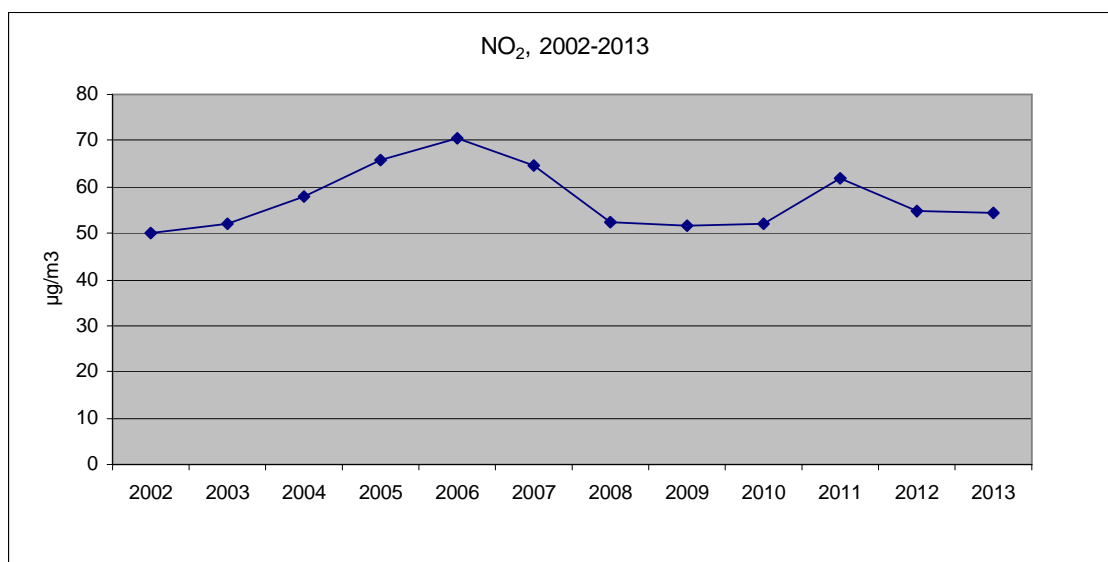
Un confronto storico è possibile con i dati dell'ozono rilevati dalla centralina dei Giardini Margherita. Dal confronto delle concentrazioni del periodo 2000-2013 non emerge alcun trend significativo di diminuzione o aumento, né esaminando i dati annuali delle massime delle medie delle 8h, né limitando l'analisi ai soli dati estivi.



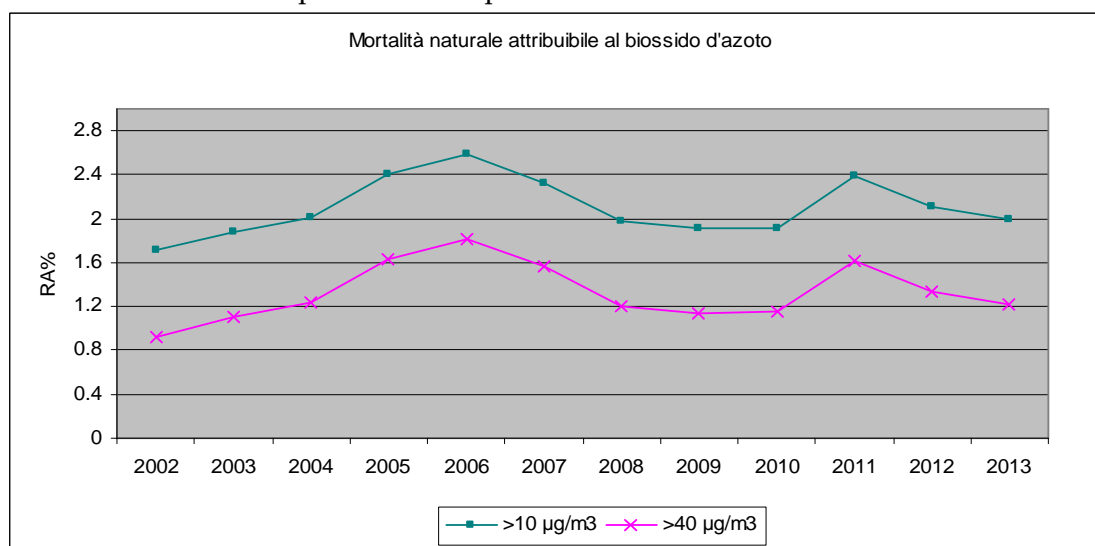
Anche la mortalità generale attribuibile all'ozono varia di anno in anno senza che vi sia un chiaro trend in una direzione. I valori più alti sono stati raggiunti nel 2003 e nel 2013.



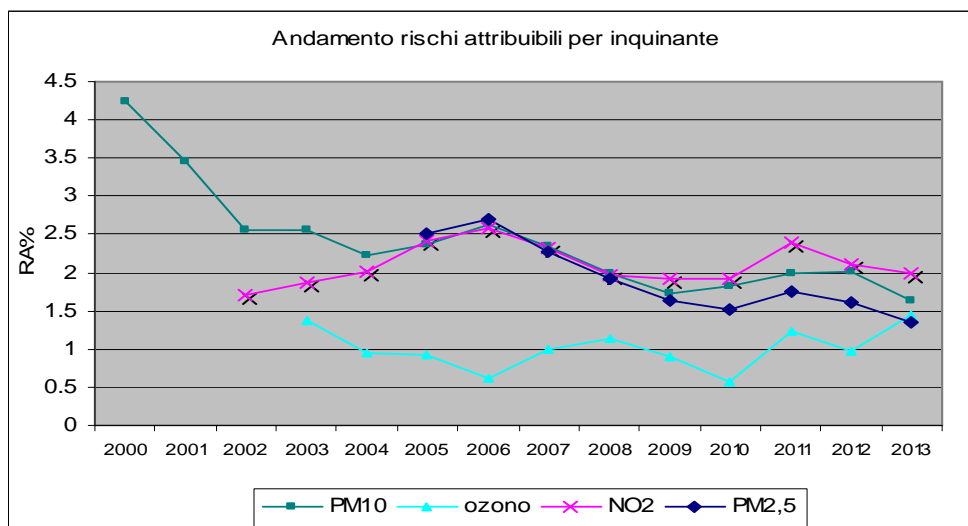
Per quanto riguarda le concentrazioni medie annue del NO₂ rilevate presso Porta San Felice, la serie storica del periodo 2002-2013 non evidenzia alcun trend in aumento o in diminuzione delle concentrazioni.



Simile andamento ha anche l'impatto sanitario del biossido di azoto sulla mortalità naturale, anch'essa ridottasi nel 2012 rispetto all'anno precedente.



In conclusione le concentrazioni medie annuali e l'impatto sanitario hanno un andamento temporale differente a seconda dell'inquinante. Per tutti gli inquinanti si registra, tuttavia, una riduzione o una sostanziale stabilità, con variazioni cicliche negli anni che si riflettono, conseguentemente, sull'andamento dell'impatto sanitario, come evidenziato dal grafico seguente.



8. Inquinamento atmosferico e attività del dipartimento di sanità pubblica

Il Dipartimento di sanità pubblica si occupa dei problemi relativi all'inquinamento atmosferico in vari modi; è chiamato a dare pareri su Valutazioni di Impatto Ambientale, strumenti urbanistici, licenze all'utilizzo di gas tossici, autorizzazioni emissioni in atmosfera, a fare richiesta di provvedimenti relativi alla messa in sicurezza e ripristino dei siti inquinati, a partecipare a Conferenze dei Servizi o a tavoli regionali e/o provinciali sul tema. Inoltre partecipa a studi o progetti specifici di cui si riassumono brevemente le caratteristiche:

EpiAir⁴

EpiAir è uno studio multicentrico promosso dal Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie che ha analizzato gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in alcune città italiane (tra cui Bologna) nel periodo 2001-2005. Questo studio è proseguito come EpiAir 2, per analizzare, in continuità con quello precedente, gli effetti dell'inquinamento su mortalità e ricoveri nel periodo 2006-2011. In questa seconda fase, è aumentato il numero di centri coinvolti (25) e oltre al PM₁₀, ozono e NO₂, è stato studiato l'effetto del PM_{2,5}, sono stati approfonditi gli aspetti riguardanti la caratterizzazione chimica del particolato rilevato nelle aree urbane ed è stata aggiornata la revisione sui provvedimenti adottati nei principali centri italiani, con la finalità di valutarne l'efficacia, la produzione di documentazione utile ai servizi che si occupano di prevenzione in Italia. Lo studio si è concluso nel 2013 ed i risultati principali sono stati pubblicati e sono disponibili nel sito di Epidemiologia e Prevenzione:

<http://www.epiprev.it/pubblicazione/epidemiol-prev-2013-37-4-5>.

Dallo studio EpiAir 2 emerge:

- l'andamento degli inquinanti mostra, negli anni, una progressiva riduzione di PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂, mentre i livelli di ozono rimangono stabili, anche se con oscillazioni annuali.
- l'analisi della mortalità ha confermato gli effetti evidenziati durante il primo studio EpiAir relativi al PM₁₀ e PM_{2,5} ed un maggior rischio per il NO₂ rispetto al particolato, rischi più elevati nel periodo estivo e diversi tra le città
- l'analisi dei ricoveri restituisce risultati in linea con gli studi precedenti, con rischi significativi per PM₁₀ e NO₂ anche se inferiori al periodo 2001-2005, mentre si registra l'assenza di effetti significativi dell'ozono, sia sui ricoveri cardiovascolari sia su quelli respiratori
- l'impatto sulla mortalità a breve termine del PM₁₀ è pari allo 0,9% e si concentra nelle aree del Nord Italia
- l'Italia è in ritardo, rispetto ad altri paesi, nell'adozione di misure strategiche strutturali mirate alla riduzione delle emissioni. Mancano, inoltre, le valutazioni di efficacia delle misure adottate.

Indagine su aree critiche

Sia nella città di Bologna che in altre zone del territorio provinciale esistono delle aree che più di altre, per la presenza di impianti industriali, possono presentare criticità in ambito ambientale e sanitario. In questi casi l'Azienda Usl, anche su indicazione di Arpa, del Comune e di comitati di cittadini, ha provveduto a condurre indagini specifiche sullo stato di salute della popolazione interessata. Spesso oltre alla problematica dell'inquinamento atmosferico è emersa la necessità di affrontare l'impatto sulla salute determinato da cattivi odori o esalazioni provenienti da impianti

industriali. In questo senso, insieme ad Arpa ed in accordo con le amministrazioni deputate, si è cercato di individuare localmente le fonti odorigene che rappresentano un potenziale incremento di rischio sanitario. Ciò anche in ragione di quanto sta emergendo dalla letteratura¹³.

Supersito¹⁶

È un progetto della Regione Emilia Romagna coordinato da Arpa. L'obiettivo del progetto è quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali del particolato fine ed ultrafine, nelle componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera, al fine di avviare in Emilia-Romagna un programma sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, fondato sull'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati, da poter utilizzare, non solo per promuovere lo sviluppo di politiche di prevenzione, ma anche per valutare l'efficacia degli interventi preventivi intrapresi, a breve e a lungo termine. Il progetto approfondirà aspetti ancora non sufficientemente esplorati, quali: il contributo delle varie sorgenti emmissive, i processi di trasformazione chimici e fisici che avvengono in atmosfera, aspetti tossicologici e di rischio, oltre ad aspetti legati alla salute a breve ed a lungo termine¹⁶

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

Considerazioni

L'analisi dei dati ambientali degli ultimi anni evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria soprattutto rispetto al monossido di carbonio, al biossido di zolfo, al benzene e alle polveri sia a livello della Regione Emilia Romagna che della Provincia di Bologna. In particolare, il rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Bologna di Arpa¹⁰ del 2013 riporta una riduzione delle concentrazioni medie del PM₁₀ e del PM_{2,5} e del numero di giorni di superamento della media giornaliera (50 µg/m³) del PM₁₀ nel corso degli ultimi anni. Lo stesso rapporto segnala, però, il persistere di alcune criticità: in alcune centraline il PM₁₀ ha superato il limite del 50 µg/m³ in più del 10% dei giorni e le concentrazioni dell'ozono superano più volte, almeno durante l'estate, la soglia di informazione di 180 µg/m³. A questi andamenti consegue una riduzione dell'impatto sanitario delle polveri e la sostanziale stabilità dell'impatto sanitario esercitato dal biossido di azoto e dall'ozono, pur con variazioni interannuali. Nel complesso, nonostante i miglioramenti, l'inquinamento atmosferico rappresenta ancora un pericolo per la salute. I RA% degli inquinanti considerati è uguale o vicini ad 1 sia nel Comune che in Provincia considerando come valore soglia i 10 µg/m³ o i 70 µg/m³ per l'ozono. Inoltre si stima che a causa dell'inquinamento nella Provincia la speranza di vita alla nascita si riduca di circa 0,4 anni.

La Valutazione Sanitaria della Qualità dell'Aria si basa sull'uso del software AirQ dell'OMS, uno strumento validato per la misura dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico, utilizzabile anche per confronti tra realtà diverse¹⁷⁻¹⁸. Occorre tenere presente che la valutazione si basa su varie assunzioni. Abbiamo già parlato a proposito dell'esposizione della popolazione ai vari inquinanti: in presenza di dati provenienti da più centraline, si è assunto come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei loro valori. Inoltre, le stime di impatto sono state calcolate utilizzando i rischi relativi aggiornati dell'OMS che non necessariamente sono quelle del territorio bolognese del 2013. Lo studio EpiAir⁴, e le metanalisi di Arpa-RER hanno fornito rischi relativi, per esiti nel breve termine, tendenzialmente inferiori a quelli suggeriti dall'OMS. I risultati di impatto nel breve termine presentati come principali in questo rapporto sovrastimano quindi probabilmente l'impatto reale, pur avendo lo stesso ordine di grandezza. Differenze geografiche o temporali del rischio di effetto associato agli inquinanti possono dipendere da una loro diversa composizione chimica, da diverse situazioni meteorologiche, dal tempo trascorso all'esterno delle abitazioni, dall'uso di condizionatori, dalla diffusione di inquinanti all'interno della casa¹⁹⁻²¹. Ad esempio, il minor rischio associato all'ozono, evidenziato nel progetto EpiAir 2, potrebbe dipendere anche dalle misure adottate dai cittadini per fronteggiare le ondate di calore²⁰ e non tanto da un reale minor effetto dell'ozono.

Questa valutazione si limita a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento. L'impatto sanitario a breve termine viene studiato solo per alcuni esiti, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie e non vengono considerati altri esiti, come nascite pretermine e il basso peso alla nascita, seppur evidenziati da studi recenti²²⁻²³ o gli effetti sulle categorie più vulnerabili²⁴. Inoltre, nel calcolo dell'impatto a lungo termine, vengono considerati gli anni di vita persi, ma non l'attesa di vita corretta per disabilità (DALYs)⁵. Si deve poi aggiungere l'impatto che l'inquinamento ha sull'ambiente, sugli animali, sugli ecosistemi e sul clima, a loro volta indirettamente associati alla salute e al benessere fisico e psichico dell'uomo di questa e delle generazioni successive.

Nel corso degli ultimi anni sono state adottate varie misure per contenere il livello degli inquinanti. Il territorio della Provincia di Bologna è stato teatro di più interventi sia locali che generali. Oltre agli accordi per il controllo del traffico autoveicolare nei mesi invernali, ci sono stati interventi mirati a ridurre le emissioni in atmosfera (incentivi per l'acquisto e la trasformazione di veicoli più ecocompatibili), a incentivare il trasporto collettivo (car sharing e pooling) e a istituire

zone a traffico limitato. Tuttavia questi interventi ed il ricambio del parco veicolare, cui sono attribuibili alcuni dei miglioramenti registrati, non sono stati sufficienti anche per il contesto meteorologico ed orografico della pianura padana. La concentrazione media di fondo delle polveri e dell'ozono nella regione dipende, in parte, secondo gli ultimi rapporti Arpa, dall'inquinamento a grande scala tipico della pianura padana, per cui le misure di riduzione delle emissioni inquinanti applicate sul territorio possono agire solo in parte, rendendo indispensabile l'adozione di misure coordinate tra le varie regioni²⁵⁻²⁸.

In studi recenti è stata valutata l'efficacia degli interventi di contenimento dell'inquinamento da traffico. Alcuni interventi portano ad una riduzione delle concentrazioni degli inquinanti e/o al miglioramento degli esiti di salute²⁹⁻³². Gli interventi drastici di limitazione del traffico (e su altre fonti di emissione) di breve durata (Giochi olimpici di Atlanta e di Pechino) hanno dato effetti positivi sulla riduzione dei veicoli circolanti e sui livelli atmosferici dei principali inquinanti. La valutazione dell'introduzione per i veicoli di pedaggi all'ingresso di alcune aree urbane ha, invece, dato risultati discordanti: è stata riscontrata una riduzione del numero di veicoli circolanti, ma sono stati rilevati effetti contrastanti sui livelli atmosferici. Alcuni studi mostrano che, sulla riduzione del traffico veicolare, possono avere un impatto positivo un appropriato disegno urbano, le misure per la mobilità ciclabile e pedonale, quelle per lo sviluppo del trasporto pubblico e la regolazione del parcheggio. Possono contribuire a ridurre i livelli di inquinamento anche gli interventi di riforestazione urbana e la limitazione della velocità nelle strade a scorrimento veloce in ambito urbano attraverso l'uso di un sistema di controllo elettronico³³⁻³⁴. Uno studio delle politiche di mobilità adottate negli ultimi anni in Italia e condotto nell'ambito del progetto EpiAir 2 evidenzia la presenza di molte iniziative settoriali non accompagnate però da una strategia nazionale, con linee di indirizzo per affrontare in modo adeguato il problema dell'inquinamento da traffico veicolare³¹. Inoltre, in aggiunta ad interventi sul traffico, risulta sempre più evidente la necessità di intervenire su altre fonti, quali: le combustioni non industriali (biomasse, come la combustione di legna), i trasporti non stradali e l'industria.

Migliorare la qualità dell'aria rimane una sfida difficile per gli anni futuri. Intanto la Regione Emilia Romagna, recependo la normativa nazionale, sta predisponendo un unico Piano Regionale per contrastare l'inquinamento atmosferico che si auspica possa potenziare interventi strutturali e lavorare in una dimensione di area vasta ed integrata⁷. Mentre a livello di ricerca si auspica che gli studi intrapresi, anche a livello regionale, contribuiscano a colmare alcune lacune conoscitive utili al miglioramento della qualità dell'aria.

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. IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221 , 2013, Lyon France
3. 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 1;383(9919):785-95.
4. EpiAir. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) <http://www.EpiAir.it/>
5. 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.
6. European Environmental Agency. 2013: Kicking off the 'Year of Air'<http://www.eea.europa.eu/highlights/2013-kicking-off-the-2018year>.
7. Regione Emilia Romagna. Piano aria - Pair2020. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/pair2020>
8. Air Quality Impact Assessment Tool prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health". (http://euro.who.int/eprise/main/WHO/Progs/Activities/20040428_2)
9. 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 .
10. Arpa Sezione provinciale di Bologna. Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Provincia di Bologna. Report dei dati 2012. Giugno 2013
11. Krzyzanowski M. *Occup Environ Med*. 1997 Mar;54(3):145-51.
12. Alessandrini ER, Faustini A, Chiusolo M, et al. [\[Air pollution and mortality in twenty-five Italian cities: results of the EpiAir2 Project\]](#). *Epidemiol Prev*. 2013 Jul-Oct;37(4-5):220-9.
13. Scarinzi C, Alessandrini ER, Chiusolo M [Air pollution and urgent hospital admissions in 25 Italian cities: results from the EpiAir2 project], *Epidemiol Prev*. 2013 Jul-Oct;37(4-5):230-41.
14. Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>)
15. Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola
16. Supersito. Qualità dell'aria e salute. <http://www.arpa.emr.it/supersito/index.asp>
17. Fattore E, Paiano V, Borgini A et al. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. *Environmental Research* 2011; 111:1321-1327.
18. Tominz R Mazzoleni B, Daris F. Stima dei potenziali benefici sanitari della riduzione dell'inquinamento atmosferico da PM10 nella città di trieste. *Epidemiol Prev* 2005; 29:149-55.
19. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011; 121(21):2331-78
20. Cadum E, Forastiere F. [EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles]. *Epidemiol Prev*. 2013 Jul-Oct;37(4-5):206-8.
21. 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.
22. 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
23. 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.
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. ISPRA. Qualità dell'aria http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Aria/Qualit%C3%A0_dell'aria/
26. European Environmental Agency. Air Quality in Europe- 2011 report Copenhagen.
27. Liou PJ, Georgopoulos PG. New Jersey: A Case Study of the Reduction in Urban and Suburban Air Pollution from the 1950s to 2011 doi: 10.1289/ehp.1103540
28. Arpa Emilia Romagna, Regione Emilia Romagna. La qualità dell'aria in Emilia Romagna. 2013
29. Grabow, ML, Spak SN, Holloway TA et al. Air quality and exercise-related health benefits from reduced car travel in the Midwestern United States. *Environmental Health Perspectives* 2011: 120(1), 68-76.
30. Tonne C, Beevers S, Armstrong B, Kelly F, Wilkinson P. Air pollution and mortality benefits of the London Congestion Charge: spatial and socioeconomic inequalities. *Occupational and Environmental Medicine* 2008;65:620-627
31. Di Lonardo S, Barchielli A, Balzi D et al. Efficacia delle politiche di contenimento dell'inquinamento ambientale da traffico adottate a livello locale: una revisione della letteratura scientifica *Epidemiologia e prevenzione* 2012; 36 (5) suppl. 5: 1-144
32. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Tainio M et al. The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ*. 2011;343:d4521.
33. Cesaroni G, Boogaard H, Jonkers S, et al. Health benefits of traffic-related air pollution reduction in different socioeconomic groups: the effect of low-emission zoning in Rome. *Occup Environ Med* 2012;69:133-139.
34. Johansson C, Bruman L, Forsberg B. The effects of congestions tax on air quality and health. *Atmos Environ* 2009;43:4843-54.

