

RAPPORTO SULLA VALUTAZIONE SANITARIA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A BOLOGNA

ANNO 2008

Ottobre 2009



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



Comune di Bologna

Provincia di Bologna

Rapporto sulla valutazione sanitaria della qualità dell'aria a Bologna, anno 2008

Questo Rapporto è stato curato da:

Corrado Scarnato, Barbara Bignami

Area Epidemiologia, Promozione della Salute e Comunicazione del Rischio – Dipartimento di Sanità Pubblica AUSL di Bologna

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

- Dr.ssa Vincenza Perlangeli, per la fornitura dei dati di mortalità dell'AUSL di Bologna;
- Dr. Paolo Pizzoli, per la fornitura dei dati di mortalità dell'AUSL di Imola;
- I colleghi dell'ARPA, per l'invio periodico dei dati ambientali

Per informazioni o richieste

corrado.scarnato@ausl.bologna.it

Copia del presente Rapporto può essere scaricata dal sito del Dipartimento di Sanità Pubblica dell'AUSL di Bologna: <http://www.dsp-auslbo.it/>

Questo Rapporto è di proprietà dell'AUSL di Bologna e non è coperto da copyright, può quindi essere diffuso, purché non modificato, ed estratte delle parti purché sia correttamente citato in bibliografia.

SOMMARIO

PREMESSA	4
1 SINTESI DEI RISULTATI PER LA PROVINCIA DI BOLOGNA	4
2 SINTESI DEI RISULTATI PER IL COMUNE DI BOLOGNA	5
1. INDICATORI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO	7
1.1 PROVINCIA DI BOLOGNA	9
1.1.1 <i>PM₁₀</i>	9
1.1.2 <i>PM_{2,5}</i>	10
1.1.3 <i>Ozono</i>	11
1.1.4 <i>NO₂</i>	12
1.2 COMUNE DI BOLOGNA	14
1.2.1 <i>PM₁₀</i>	14
1.2.2 <i>Ozono</i>	15
1.2.3 <i>NO₂</i>	16
1.3 SOGLIE	17
1.3.1 <i>Per il PM₁₀</i>	17
1.3.2 <i>Per il PM_{2,5}</i>	17
1.3.3 <i>Per l'Ozono</i>	17
1.3.4 <i>Per l'NO₂</i>	17
1.4 METODO	17
2. VIS PER LA PROVINCIA DI BOLOGNA	18
2.1 POPOLAZIONE E MORTALITÀ	18
2.1.1 <i>Residenti</i>	18
2.1.2 <i>Mortalità</i>	18
2.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL <i>PM₁₀</i>	18
2.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL <i>PM_{2,5}</i>	19
2.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO	20
2.5 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL BISSIDO D'AZOTO (<i>NO₂</i>)	21
2.6 GLI ANNI DI VITA PERSI	22
3. VIS PER IL COMUNE DI BOLOGNA	25
3.1 POPOLAZIONE E MORTALITÀ	25
3.1.1 <i>I residenti</i>	25
3.1.2 <i>Mortalità</i>	25
3.2 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DEL <i>PM₁₀</i>	25
3.3 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL'OZONO	26
3.4 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO DELL' <i>NO₂</i>	27
3.5 GLI ANNI DI VITA PERSI	28
4. CONFRONTO TRA DATI STORICI (1999-2008)	29
5. CONCLUSIONI	32
NOTE BIBLIOGRAFICHE	35

Premessa

Dal 2002 ad oggi vengono prodotti a livello Regionale e locale “Accordi di programma” annuali per la gestione delle fasi acute, soprattutto invernale, di inquinamento atmosferico urbano, intervenendo in modo coordinato sul problema della mobilità, considerata uno dei fattori che mettono più a rischio la salute umana. Questi accordi assegnano all’AUSL compiti di attivazione di campagne di comunicazione e informazioni sui rischi sanitari da PM₁₀. Questo rapporto, per i suoi contenuti, si colloca pertanto anche tra gli strumenti a disposizione per queste campagne.

L’OMS¹ ha emanato la Linea Guida per la valutazione della qualità dell’aria ed ha reso noti gli effetti sanitari causati dal PM₁₀ e dall’Ozono in 13 grandi città italiane², tra le quali Bologna.

In tale documento è stato indicato quali devono essere gli inquinanti da tenere sotto controllo, quelli per i quali esistono evidenze scientifiche certe di effetti sulla salute e quali devono essere i relativi limiti di esposizione per la popolazione generale.

Ha anche assegnato i compiti che i vari livelli istituzionali devono assumersi, definendo per il livello locale, oltre al monitoraggio ambientale, anche la descrizione e la quantificazione degli effetti sanitari.

A livello nazionale si è appena concluso lo studio multicentrico denominato EPIAIR³ che ha analizzato gli effetti dell’inquinamento atmosferico sulla mortalità e sui ricoveri, fornendo ulteriori conferme sulla criticità per alcune fasce di età, soprattutto anziane, e su alcune patologie.

Pertanto questo rapporto 2008 non è uno studio epidemiologico, ma la traduzione in termini operativi aggiornati di lavori scientifici che continuamente approfondiscono la comprensione del fenomeno.

L’attuale normativa sui LEA⁴, inoltre, individua la “*Tutela della collettività dai rischi degli inquinanti ambientali*” tra le prestazioni che il Servizio Sanitario Nazionale deve garantire ai cittadini, e la Valutazione dei Rischi per la Salute, qui elaborata, si colloca tra le azioni a supporto dei decisori politici per garantire tale obiettivo.

1 Sintesi dei risultati per la provincia di Bologna

- Le concentrazioni in aria degli inquinanti considerati in questo rapporto (PM₁₀, PM_{2,5}, Ozono, NO₂) nel 2008 hanno complessivamente rispettato molti dei limiti di legge o i valori guida previsti dall’OMS. Si è pertanto avuta una diminuzione degli effetti nocivi “evitabili” per la salute della popolazione.
- L’impatto sulla salute è espresso come RA % (Rischio Attribuibile %), cioè la percentuale di eventi (morti) tra tutti gli eventi che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l’inquinamento non avesse superato una determinata soglia.

PM₁₀

- Si è modificata la distribuzione delle centraline con una presenza più omogenea sul territorio provinciale;
- Considerando la concentrazione di 40 µg/m³ come soglia di “non effetto definita per legge”, l’impatto sulla mortalità generale, nell’intero territorio provinciale, nel 2008

è diminuito a 0,70% rispetto al 0,91 % del 2007.

- L'impatto sulla mortalità per patologie del sistema circolatorio è stato pari al 0,76 % (0,98% nel 2007), e per quelle dell'apparato respiratorio è stato il 1,14 %, (era 1,47% nel 2007).
- Confrontando i dati di mortalità generale nel periodo 1999-2008 attribuibili ai livelli di concentrazione misurati dalla sola stazione di Porta San Felice a Bologna, si nota una forte diminuzione degli effetti negativi dovuti soprattutto ad una riduzione del numero di giorni oltre i 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e con concentrazioni inferiori all'anno precedente

PM_{2,5}

- L'impatto sulla mortalità generale, al valore soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato pari al 1,86%, contro il 2,45 % del 2007.
- L'analisi sugli "anni di vita persi", considerando come soglia di "non effetto" i 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ci rivela che nel 2008 sono stati circa 220 gli anni di vita persi (inferiori rispetto ai 365 persi nel 2007).

Ozono

- Alla soglia di 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, i valori di impatto sulla mortalità per l'intera provincia risultano più bassi rispetto all'anno scorso. Si va dall' 1,37 % per quella generale, sostanzialmente analogo al 1,63% del 2007, del 1,08% (1,28 % nel 2007) per patologie cardiovascolari e al 3,30 % (3,91 % nel 2007) per le malattie dell'apparato respiratorio.

NO₂

- Alla soglia di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ abbiamo un valore di 5 morti (8 nel 2007) in eccesso per patologie cardiovascolari (pari ad un impatto dello 0,21 %, rispetto allo 0,30 % del 2007).

2 Sintesi dei risultati per il comune di Bologna

- Nel 2008 si rileva una complessiva diminuzione dei rischi attribuibili all'inquinamento atmosferico del PM₁₀, e i valori si mantengono tutti a livelli inferiori rispetto agli anni precedente;
- Nell'anno 2008 l'impatto sulla salute dovuto all'inquinamento da PM₁₀, per valori superiori ai 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in termini di mortalità totale è risultato pari al 1,63% (vs. 2,36% nel 2007). Si registra un valore leggermente superiore (1,76%) considerando la mortalità del sistema circolatorio, mentre un valore ancora più alto (2,62 %) si rileva per la mortalità legata all'apparato respiratorio.
- Analoghe stime sono state condotte per l'Ozono. Per la mortalità generale il rischio attribuibile all'Ozono per valori superiori ai 10 microgrammi è del 2,50% (vs. il 2,64% dell'anno precedente). La mortalità per le malattie cardiovascolari è dell'1,97% (2,08% nell'anno precedente); la mortalità per le malattie dell'apparato respiratorio è del 5,92% (vs. 6,23% nel 2006).
- Anche quest'anno abbiamo condotto l'analisi del rischio correlato al Biossido d'Azoto (NO₂): considerando la soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si ottiene l'0,87 % (0,98% nel

2007) di mortalità per patologie cardiovascolari correlabile all'esposizione a questo inquinante, pari a 11 morti (13 nel 2007).

- L'analisi condotta sugli anni di vita persi attribuibili all'inquinamento da PM_{2,5}, per valori superiori a 15 µg/m³ (calcolato per Bologna città sulla base dell'attuale struttura per età e della popolazione, l'attuale speranza di vita e considerando valori di inquinamento stabili per i prossimi 10 anni) porta ad una stima di circa 95 anni (158 anni nel 2007) di vita perduti.

1. Indicatori dell'inquinamento atmosferico

La valutazione d'impatto sulla salute dei residenti in provincia di Bologna è stata effettuata prendendo in considerazione gli inquinanti atmosferici: PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃. Sulla scelta di tali inquinanti e sulla valutazione dei loro potenziali effetti sinergici si rimanda al rapporto sulla VIS 2006⁵.

La rete delle centraline ARPA di monitoraggio di qualità dell'aria è in via di ristrutturazione. Sono previste diverse ricollocazioni, sostituzioni ed attivazione di nuove centraline che proseguiranno anche negli anni futuri. Nel corso del 2008 si è avuto:

- dal 18/02/2008 la stazione di rilevamento di GRANAROLO, collocata nella prima cintura bolognese, è stata disattivata;
- l'analizzatore di Polveri PM₁₀ installato nella stazione di CASTENASO è stato ricollocato in una nuova stazione di rilevamento denominata SAN MARINO a San Marino di Bentivoglio con tipologia di fondo suburbano, rappresentativo delle aree di pianura bolognese. I dati sono validi dal 01/04/2008;
- dal 01/05/2008 sono disponibili i dati di particolato PM_{2,5} della stazione di Giardini Margherita.
- dal 01/09/2008 l'analizzatore di Polveri PM₁₀ installato nella stazione di MONTE CUCCOLINO è stato disattivato;
- dal 01/10/2008 la stazione di rilevamento di ZANARDI è stata disattivata;

La nuova realtà è così costituita:

STAZIONE	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Bologna - Giardini Margherita	•	•	•	•
Bologna - Malpigli				•
Bologna - Zanardi			•	•
Bologna - Borgo Panigale (Salute)				•
Bologna – Porta San Felice	•	•		•
Castel Maggiore				•
Casalecchio				•
Castenaso			•	
San Lazzaro				•
San Marino – Bentivoglio	•			•
S.Pietro Capofiume - Molinella		•	•	•

STAZIONE	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂
Imola – Cavour				•
Imola – De Amicis	•			•
Imola – Pirandello			•	•

1.1 Provincia di Bologna

1.1.1 PM₁₀

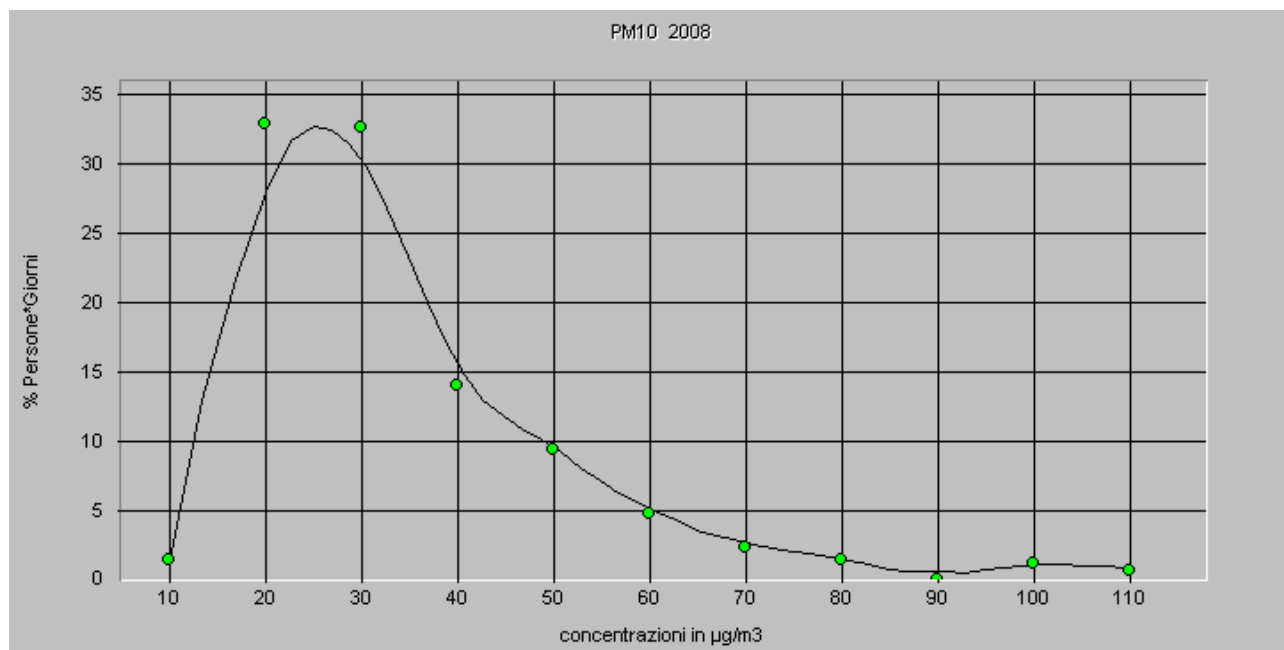
Nel 2008 sono state inserite 2 nuove centraline (Margherita a Bologna, e S.Marino in provincia) ed è stata disabilitata quella di Castenaso (in provincia). Lo standard di qualità fissato dal software AirQ⁶ per poter utilizzare i dati è stato raggiunto da 4 centraline della rete provinciale:

Indicatore	Standard AirQ	Limite di legge 2005	S.Felice	Margherita	Castenaso	Imola	S.Marino	Tutte le centraline	Monte Cuccolino
Metodo	gravimetrico		a raggi β^a	a raggi β	a raggi β	a raggi β	a raggi β	a raggi β	TEOM
% n° di giorni	> 50 (365)		95,6 (350)	71,9 (263)	12,3 (45)	89,6 (328)	66,4 (243)	99,7 (365)	48,9 (179)
giorni estivi / giorni invernali	> 0,5		0,97	1,27	0,00	0,80	2,20	0,99	1,18
Media annuale in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm\text{ds}$)		40,0	36,7 ($\pm 20,5$)	24,8 ($\pm 17,3$)	37,9 ($\pm 16,6$)	29,7 ($\pm 17,7$)	26,6 ($\pm 13,8$)	28,8 ($\pm 16,4$)	16,6 ($\pm 8,3$)
n° giorni con livelli superiori al valore di riferimento giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		< 35	68	19	11	39	14	36	2

La centralina di Castenaso non raggiunge il numero minimo di giorni di misurazioni per poter essere inserita nella rete di controllo prevista dai parametri dell'OMS. Ciò deriva dal fatto che tale centralina nel corso del 2008 è stata disattivata definitivamente. Rispetto all'anno precedente si osserva un netto miglioramento della qualità dei dati sia in termini di numerosità annuali sia nel rapporto estate/inverno.

I dati del PM₁₀ della stazione di Montecuccolino non vengono considerati nella determinazione dell'esposizione della popolazione a causa della sua particolare collocazione finalizzata alla rilevazione del "fondo" regionale. La media dei valori di concentrazione giornaliera di PM₁₀ forniti dalle centraline (San Felice, Margherita, San Marino e Imola) è stata assunta come valore dell'esposizione media della popolazione provinciale.

^a A filtro singolo.



La figura mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM_{10} : per oltre il 30 % dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione provinciale è stata esposta ad una concentrazione media di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e si nota anche che l'esposizione, non supera i $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per la prima volta tutte le centraline rispettano i limiti previsti dalla normativa⁷ vigente per il valore limite della media annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Solo S.Felice ed Imola però non rispettano il limite dei 35 giorni in cui è ammesso il superamento della concentrazione di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anche se complessivamente il limite viene superato per 1 solo giorno.

1.1.2 $\text{PM}_{2,5}$

Nel corso del 2008 è stata aggiunta la nuova centralina dei Giardini Margherita a Bologna, portando a 3 il numero complessivo, oltre a quelle di S.Felice e San Pietro Capofiume.

I dati ottenuti nella stazione di S. Felice sono i seguenti:

$\text{PM}_{2,5}$ S. Felice	n.dat	media	ds	max	98 perc.	gg. >25
anno	366	24	17,1	127	80	116
inverno	183	32	19,9	127	85	69
Estate	183	17	8,1	80	32	12

I dati ottenuti nella stazione di Margherita sono i seguenti:

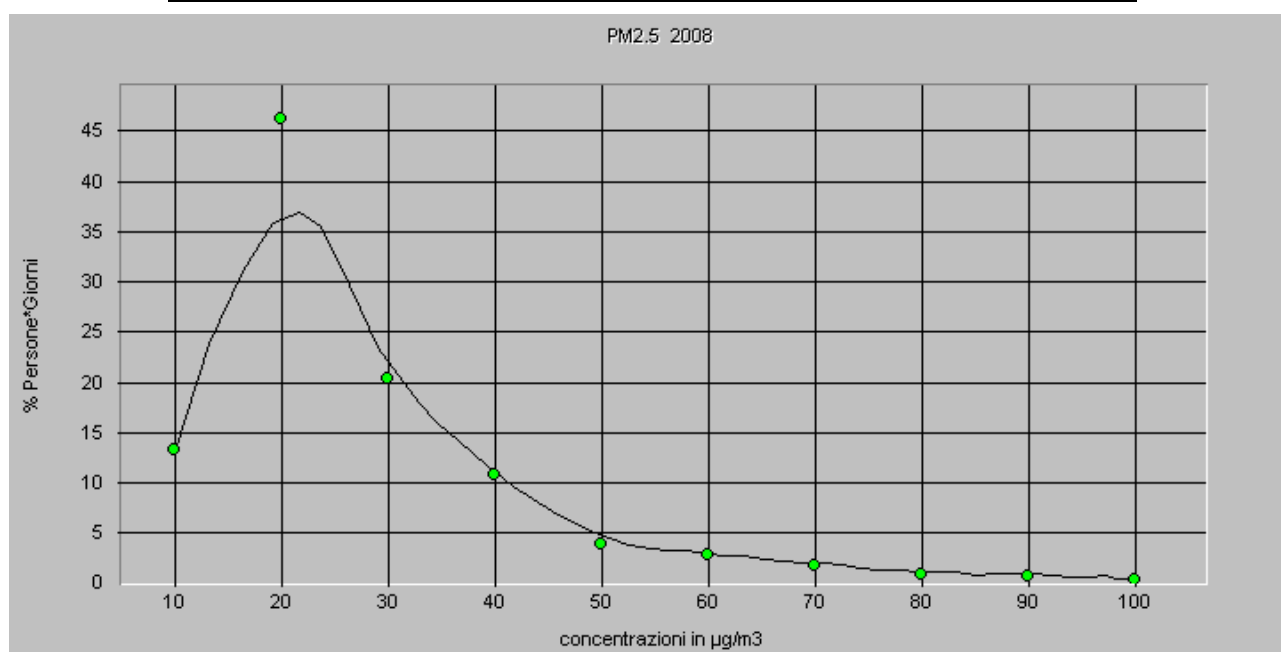
$\text{PM}_{2,5}$ Margherita	n.dat	media	ds	max	98 perc.	gg. >25
anno	177	16,7	10,5	51	43	33
inverno	90	21,1	11,9	51	44	31
Estate	87	12,1	6,1	33	26	2

I dati ottenuti nella stazione di San Pietro Capofiume sono i seguenti:

PM _{2,5} S.P.Capofiume	n.dat	media	ds	max	98 perc.	gg. >25
anno	354	20,4	13,9	78	64	86
inverno	179	26,5	16,6	78	70	51
Estate	175	14,2	5,9	40	27	7

I parametri richiesti da AIRQ, in termini di numero minimo di rilevazioni e di rapporto dati estivi su dati invernali, sono stati raggiunti e quindi è possibile effettuare una valutazione d'impatto delle PM 2,5 sulla salute della popolazione della provincia di Bologna, adottando il valore medio tra le 3 centraline, secondo la seguente tabella:

PM _{2,5} prov. Bologna	n.dat	media	ds	max	98 perc.	gg. >25
anno	366	22,9	14,5	91,5	64,4	95
inverno	183	28,7	16,8	91,5	74,2	57
Estate	183	15	6,7	55,5	29	10



La figura mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di PM_{2,5}: oltre il 35% dei giorni, corrispondente al massimo della distribuzione, la popolazione provinciale è stata esposta ad una concentrazione media di meno di 25 µg/m³.

Non esistono attualmente riferimenti legislativi per valutare la qualità dell'aria per il PM_{2,5}.

1.1.3 Ozono

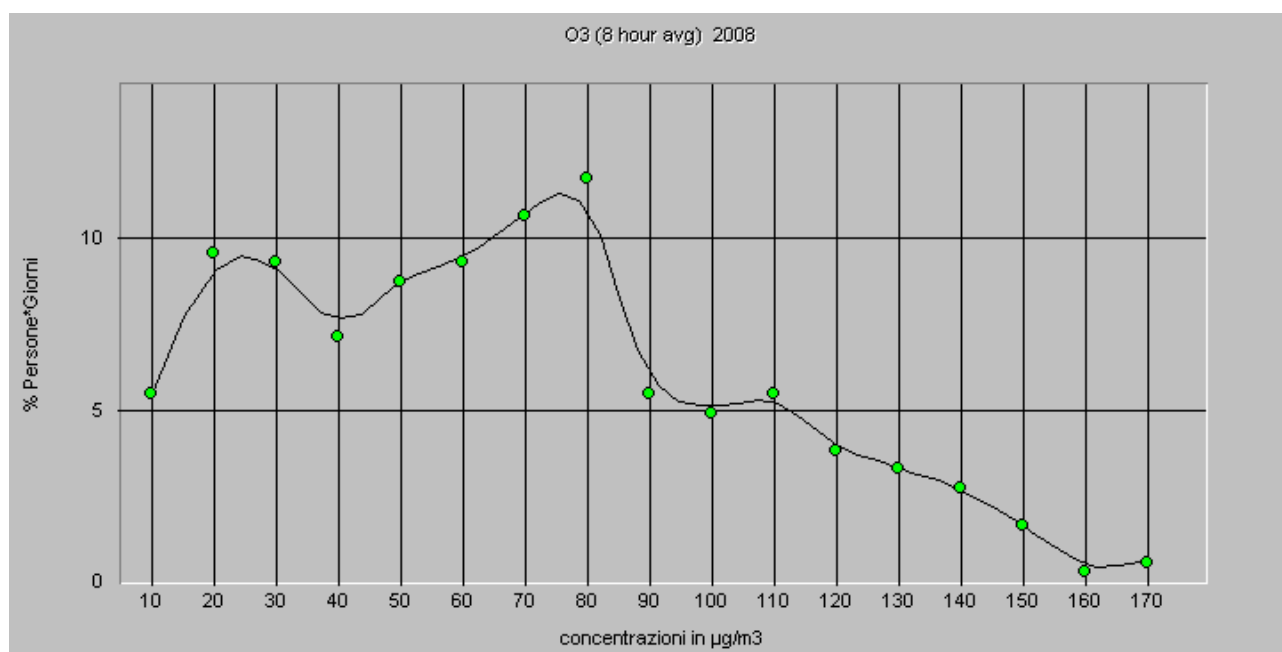
La stima dell'esposizione all'ozono è stata effettuata utilizzando i valori di concentrazione oraria delle centraline di Bologna (Giardini Margherita e Via Zanardi), S.Pietro

Capofiume, Castenaso e Imola avendo tutte raggiunto lo standard di qualità previsto dal programma AirQ.

OZONO 2008	n.dat	media	ds	max	98 perc.	gg. >180
anno	366	62	36,95	165,4	140,5	0
inverno	183	36	21,79	90,1	80,2	0
estate	183	88	29,50	165,4	149,0	0

I dati orari di ogni centralina sono stati raggruppati e mediati. Quindi sono state calcolate le medie mobili trascinate su 8 ore per ogni giorno, e di queste selezionati i valori massimi, assunti come rappresentativi dell'esposizione media giornaliera dell'intera popolazione della Provincia di Bologna.

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.



La figura mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione per le diverse fasce di valori di O₃. A differenza degli altri inquinanti considerati in precedenza, si nota un andamento multimodale. Il massimo dei giorni, pari ad oltre il 10%, comporta una esposizione ad 80 µg/m³ di Ozono. Il D.Lgs. n. 183/2004 prevede "Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile): 120 µg/m³". La media a livello provinciale risulta la metà di quanto previsto dal D.Lgs.

1.1.4 NO₂

In provincia di Bologna sono funzionanti, nel 2008, ben 13 centraline di monitoraggio delle concentrazioni in aria del biossido d'azoto (NO₂). Di queste 5 sono nel territorio del comune di Bologna (Porta S.Felice, Salute, Giardini Margherita, Malpigli, Zanardi), 3 nel comune di Imola (Pirandello, De Amicis, Cavour), 5 sono in altri comuni (CastelMaggiore, San Lazzaro di Savena, Granarolo, Casalecchio di Reno, S.Pietro Capofiume).

Il DM 60/2002 individua 2 valori limite per l'esposizione umana:

- Il massimo tra le medie orarie giornaliere di $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare più di 18 volte in un anno;
- una media annua di $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

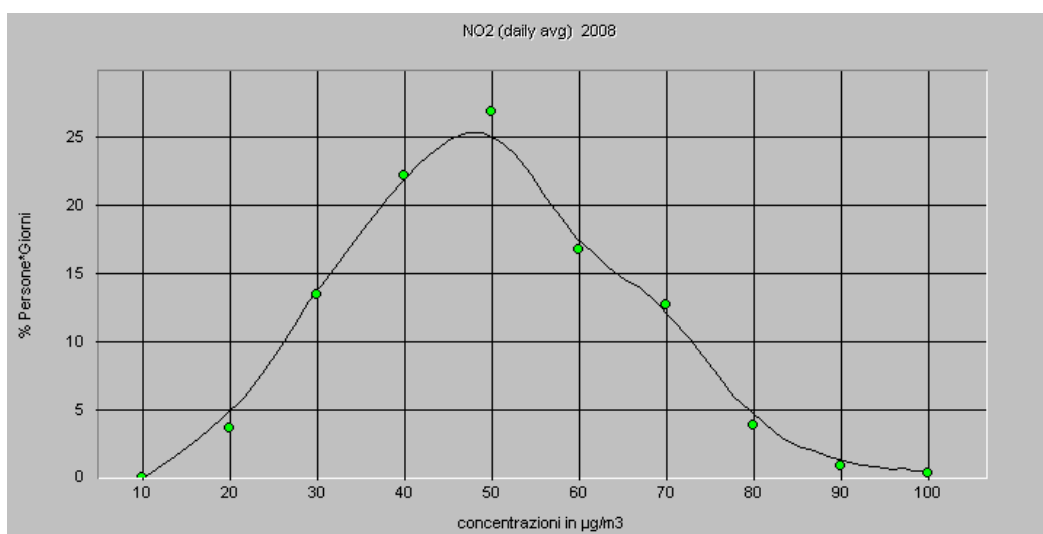
Per la valutazione dell'esposizione della popolazione della provincia di Bologna tutti i dati orari di ogni centralina sono stati raccolti e da questi sono stati calcolati i valori massimi orari e le medie giornaliere per il calcolo della media annuale. I risultati sono presentati nelle seguenti tabelle:

NO ₂ – max h.	n.dat	media	dev.st.	max	98 perc.	50 perc	gg.>230
anno	366	122.8	34.4	229	198	121	0
inverno	183	136.0	33.3	229	205	137	0
estate	183	109.7	30.4	212	172	109	0

NO ₂ – media annua	n.dat	media	dev.st.	max	98 perc.	50 perc
anno	366	45	14,81	90	74	43
inverno	183	54	12,62	90	80	53
estate	183	36	10,90	69	60	36

I dati ci mostrano come, nel corso del 2008, si sia riusciti a rispettare il primo limite, ovvero non oltrepassare più di 18 giorni il valore di $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche la media annuale rispetta il limite imposto. E' ancora una volta comunque la stagione invernale che si presenta abbastanza critica per il rispetto dei limiti. Infatti si nota come la media estiva sia ben inferiore al limite imposto dal DM 60/2002.

La seguente figura mostra la percentuale di popolazione esposta in un anno in funzione delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂: oltre il 25% della popolazione è esposta mediamente a concentrazioni di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



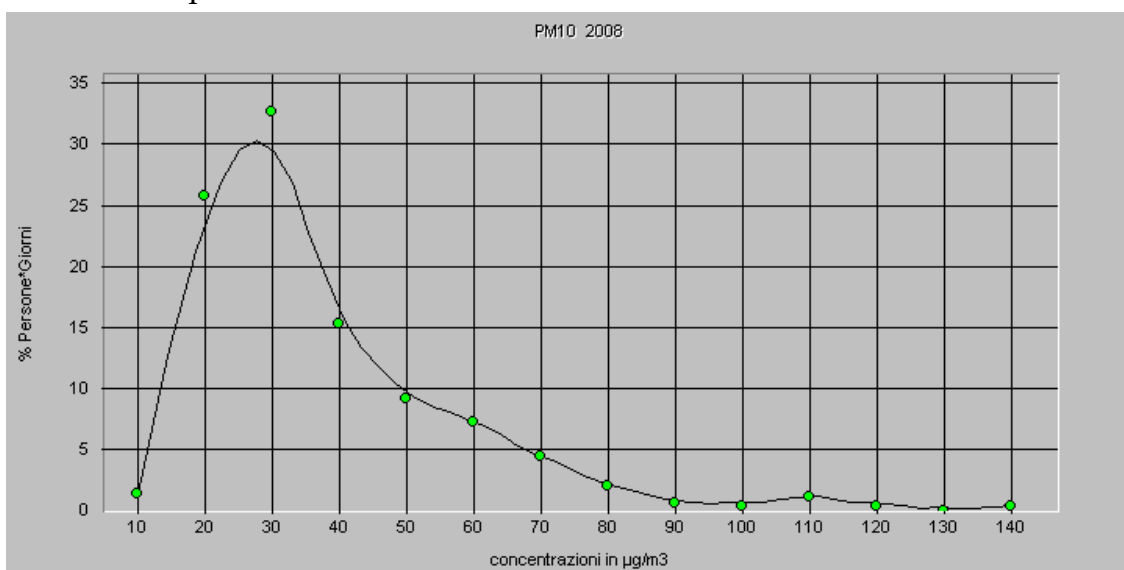
1.2 Comune di Bologna

1.2.1 PM₁₀

Nel territorio di Bologna la concentrazione del PM₁₀ negli anni dal 2005 al 2008 a S. Felice e Margherita (quest'ultima solo dal 2008) è descritta dai seguenti parametri:

DATI	2005	2006	2007	2008
n.dat annuali	362	354	345	362
n.dat invernali	182	182	175	181
n.dat estivi	180	172	170	181
Media annuale	39,6 ± 18,3	45,7 ± 25,4	42,1±22,8	32,2±18,9
Media invernale	51,0	58,9	54,7	41
Media estiva	27,9	31,7	29,3	24
Valore max annuale	114	208	144	134
Valore max invernale	114	208	144	134
Valore max estivo	54	80	65	68
98° percentile annuale	85	108	105	84
98° percentile invernale	90	129	116	107
98° percentile estivo	46	58	61	51
n.giorni >50 (35 volte)	50	113	104	56
n.gg. inverno > 50	50	98	95	50
n.gg. estate > 50	0	15	9	6

Nel 2008 nel comune di Bologna si è assistito ad una forte diminuzione del valore medio annuale passando da 42,1 a 32,2, ben al di sotto del valore limite fissato dalla normativa. Anche per quanto riguarda i giorni di superamento soglia di 50 µg/m³ si è avuta una forte riduzione rispetto all'anno precedente passando da 104 a 56, comunque sempre ben lontani dal valore limite di 35 giorni. Si conferma ancora una volta la forte criticità del periodo invernale per il PM₁₀.

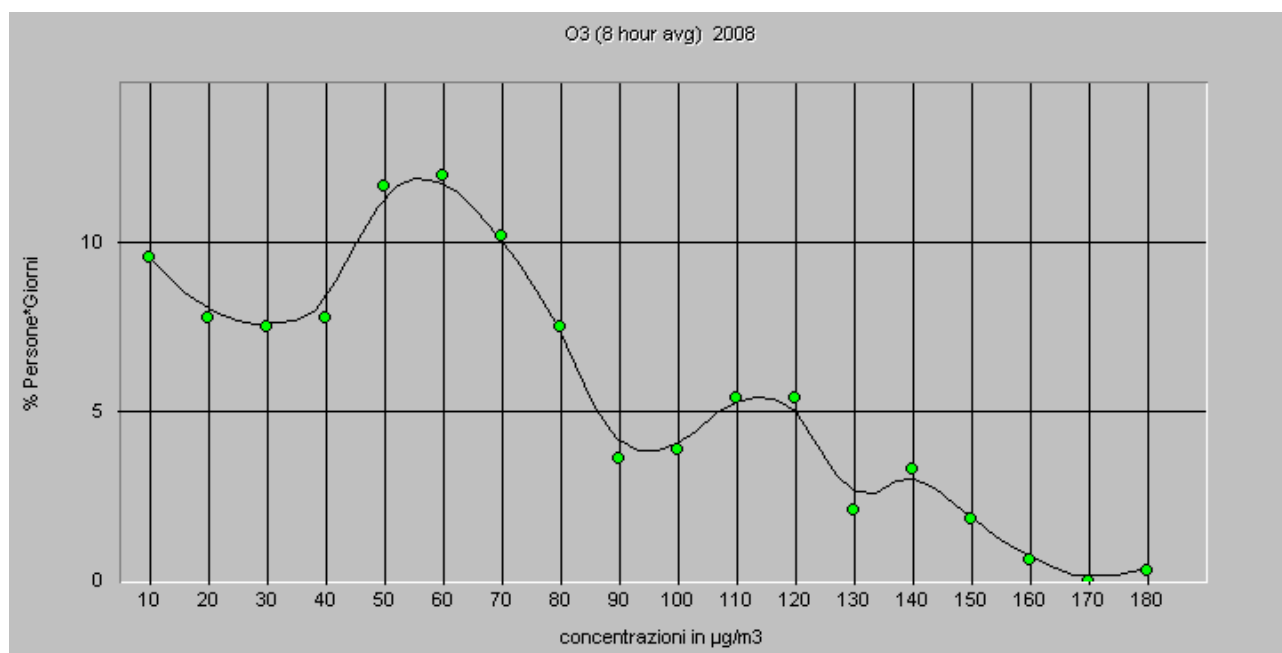


1.2.2 Ozono

Nel corso del 2008 nel territorio del comune di Bologna risultano installate e funzionanti 2 centraline per la determinazione della concentrazione oraria dell'Ozono nelle seguenti posizioni: Giardini Margherita (parco pubblico inserito all'interno della città) e Via Zanardi (strada cittadina ad alta densità di traffico). Quest'ultima è stata disattivata nel corso del mese di ottobre 2008.

Tutte le centraline	n. dati	media	max	98 perc.	gg. >180
2008	335	59,8	178,6	141	0
Inverno (gen-mar)+(ott-dic)	153	31,1	82,1	75,0	0
Estate (apr-sett)	182	84,0	178,6	148,6	0

I valori di Ozono registrati nel territorio del comune di Bologna nel corso del 2008 sono leggermente diminuiti rispetto a quelli del 2007. Il valore medio passa da 62,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 59,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Anche per il comune di Bologna si osserva una distribuzione multimodale delle concentrazioni di Ozono. In questo caso il picco di esposizione si osserva a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per circa il 13 % della popolazione.

1.2.3 NO₂

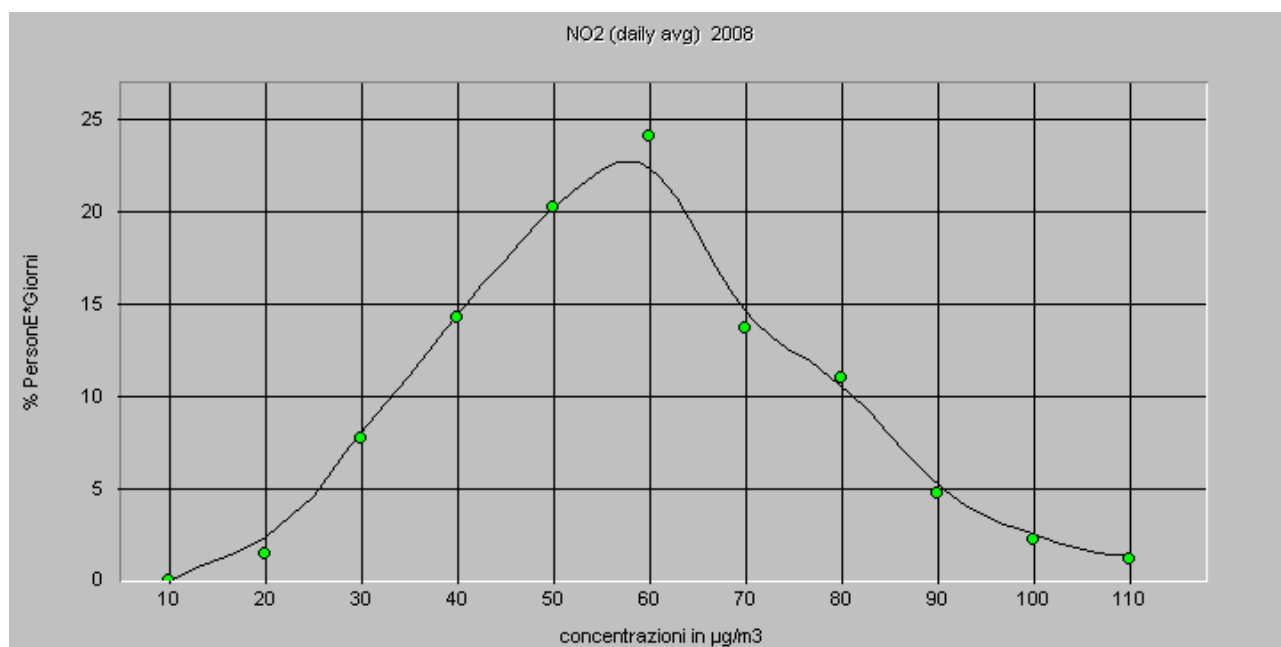
Nel comune di Bologna 5 centraline misurano il biossido di azoto (Porta S.Felice, Giardini Margherita, Malpigli, Salute e Zanardi), quest'ultima disattivata nel corso del mese di ottobre 2008.

Sono stati raccolti i dati orari di ogni centralina e da questi sono stati calcolati i valori massimi orari e le medie giornaliere per il calcolo della media annuale. I risultati sono presentati nelle seguenti tabelle:

NO ₂ – max h	n.dat	media	dev.st.	max	98 perc.	50 perc	gg.>230
anno	365	119.0	34.7	226	190	117	0
inverno	182	133.6	30.4	226	193	134	0
Estate	183	104.4	32.5	212	172	99	0

NO ₂ – media annua	n.dat	media	dev.st.	max	98 perc.	50 perc
anno	366	53.6	17.9	103	97	52
inverno	183	64.2	15.2	103	100	63
Estate	183	43.0	13.6	83	74	43

Dai dati sopra riportati emerge un superamento rispetto al valore individuato dal DM 60/2002, cioè una media annua che non superi i 46 µg/m³; mentre è rispettato il limite di 18 giorni di superamento del massimo di 230 µg/m³ per le medie orarie giornaliere. La stagione invernale, come accade per il totale della Provincia, è quella con i valori più critici; ma in estate il valore medio ha rispettato il limite.



La figura mostra la percentuale di giorni di esposizione della popolazione alle diverse fasce di valori di NO₂; risulta che il numero massimo di giorni di esposizione, pari a circa il 25 %, si ha in corrispondenza di una concentrazione di 60 µg/m³; in Provincia il massimo si ha in corrispondenza ad una concentrazione di NO₂ di ca. 50 µg/m³.

1.3 Soglie

1.3.1 Per il PM₁₀

Nello studio la stima dei morti e dei ricoveri in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10, 20, 40 e il valore di 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per poter effettuare i confronti con gli anni precedenti.

1.3.2 Per il PM_{2,5}

Nello studio la stima dei morti in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10 e i 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.3.3 Per l'Ozono

La stima dei morti e dei ricoveri in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente, i 10, 60 e 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile, e considerato che il valore di concentrazione in aria di ozono di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute.

1.3.4 Per l'NO₂

La stima degli effetti sanitari in eccesso è stata effettuata considerando come soglie di non effetto, rispettivamente i 10 e i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, considerato che 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è considerato valore limite dalle linee guida dell'OMS.

1.4 Metodo

Per il calcolo dell'impatto sanitario, in termini di mortalità, abbiamo utilizzato il software AIRQ (AIR Quality health impact assessment tool) versione 2.2.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health".

La stima d'impatto viene eseguita per i vari effetti sanitari specifici per ogni inquinante utilizzando i Rischi Relativi (RR) implementati in AirQ.

Per la descrizione della metodologia di analisi si rimanda alla relazione sulla qualità dell'aria della Provincia di Bologna - Anno 2004⁸. Una discussione più approfondita sui RR si trova nella relazione VIS 2006 a cui si rimanda⁵.

2. VIS per la Provincia di Bologna

2.1 Popolazione e mortalità

2.1.1 Residenti

Per effettuare i calcoli delle stime d'impatto è necessario possedere i tassi grezzi degli effetti da misurare, utilizzando la popolazione residente⁹ nel 2007 specifica per ogni esito.

Provincia di Bologna	Al 1/01/2008	Al 31/12/2008	media nel 2008
Tutte le età	964.065	976.170	970.118
0-14 anni	119.097	122.338	120.718
15-64 anni	615.135	622.841	618.988
>64 anni	229.833	230.991	230.412

2.1.2 Mortalità

Nel 2008 i residenti in provincia di Bologna morti¹⁰ in qualsiasi località, con i relativi tassi grezzi^b di mortalità per 100.000 residenti, per le cause considerate, sono i seguenti:

Mortalità	Generale (ICD IX rev. < 800)		per patologie del sistema circolatorio (ICD IX 410-436)		per patologie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	
	Numero morti	Tasso grezzo	Numero morti	Tasso grezzo	Numero morti	Tasso grezzo
Provincia	10.632	1095,9	3.031	312,4	1024	105,6

2.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

La seguente tabella riporta il numero dei decessi attribuibili al PM₁₀ in funzione della soglia considerata di "non impatto" con i corrispondenti RA espressi in percentuale e calcolati sul totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato, per la mortalità generale (ICD da 000 a 799), per cause cardiocircolatorie (ICD da 410 a 436) e per cause respiratorie (ICD da 460 a 519).

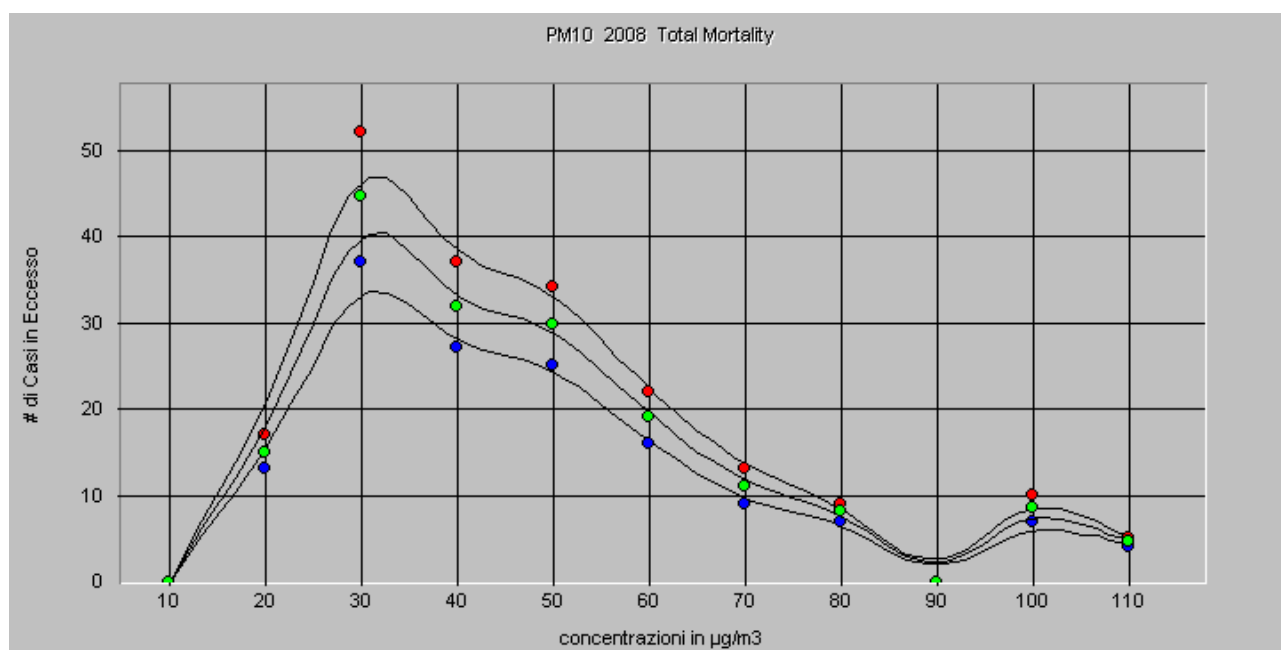
Provincia di Bologna		Valore limite PM ₁₀ (µg/m ³) ^c (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)			
		>60	>40	>20	>10
Mortalità Generale	Stima N morti (RA %)	7 (0,70)	25 (0,70)	84 (0,80)	148 (1,38)
Tasso = 1096	IC al 95%	6-9	21-29	70-97	124-171
	N (RA %)	(0,59-0,82)	(0,59-0,81)	(0,67-0,93)	(1,16-1,60)

^b Il tasso grezzo di mortalità è il rapporto tra il numero di morti e la popolazione media del periodo.

^c Tanto più alto è il valore limite tanto minore è il numero degli esiti "attribuibili". Per comodità di lettura dei dati i calcoli sono stati eseguiti a diversi valori limite di media: rispettivamente 10, 20, 40, e 60 µg/m³ di PM₁₀.

Mortalità CardioCirculatoria Tasso = 312	Stima N morti (RA %)	2 (0,76)	8 (0,75)	26 (0,86)	45 (1,49)
	IC al 95% N (RA %)	1-5 (0,48-1,70)	5-17 (0,47-1,69)	16-57 (0,54-1,92)	29-100 (0,94-3,30)
Mortalità Respiratoria Tasso = 106	Stima N morti (RA %)	1 (1,14)	4 (1,13)	13 (1,29)	23 (2,22)
	IC al 95% N (RA %)	1-4 (0,76-3,42)	3-12 (0,75-3,40)	9-39 (0,86-3,86)	15-68 (1,49-6,55)

Come si può osservare dalla tabella il numero dei morti attribuibili diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione o, detto con altre parole, tanto più alta è la soglia considerata "accettabile" tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento.



La figura mostra come sono distribuiti i 148 morti in eccesso (con relativi intervalli di confidenza al 95%, in rosso e in blu), alla soglia di 10 µg/m³, in base alle concentrazioni di PM₁₀ nel 2008. Circa 45 morti sono dovuti all'esposizione a 30 µg/m³, e così via. C'è da notare inoltre come si siano prodotti altri 10 morti in eccesso, rispetto a quanto ipotizzabile, a causa della gobba di concentrazione a 100 µg/m³

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

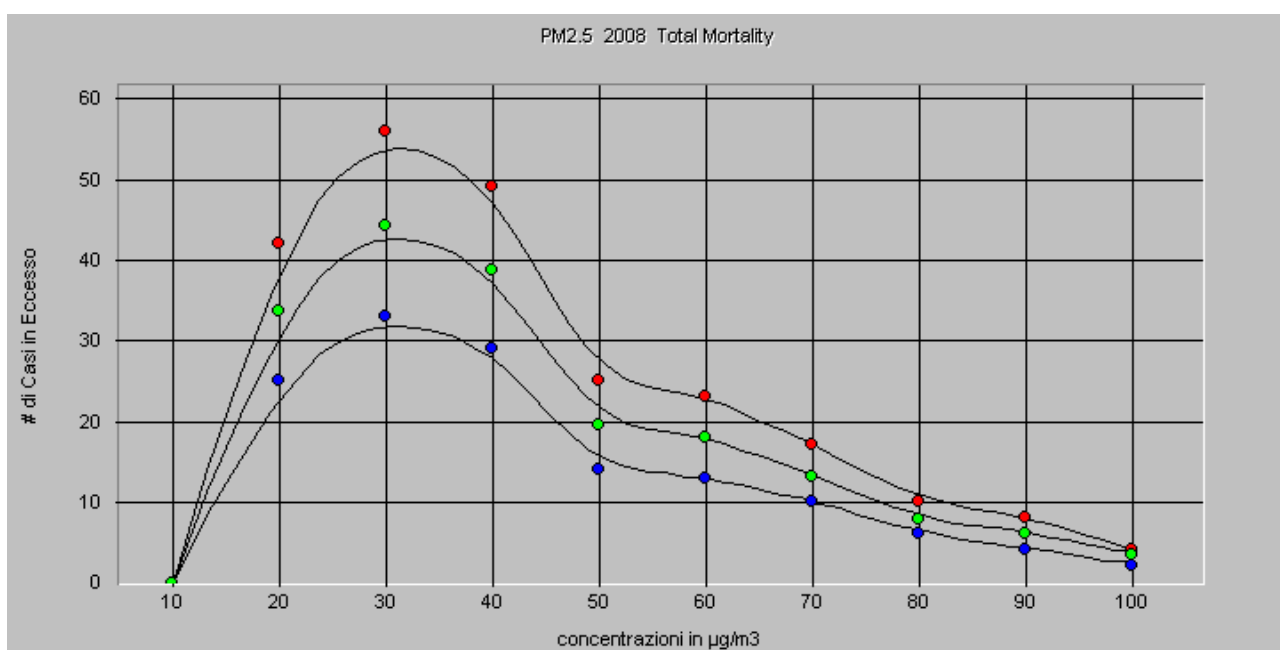
La stima d'impatto è stata eseguita soltanto per gli effetti acuti sulla mortalità per cause naturali in quanto a livello internazionale attualmente esiste solo questo Rischio Relativo che è implementato in AirQ ed è uguale a 1,015 (1,011÷1,019).

La seguente tabella riporta il numero dei decessi in eccesso attribuibili al PM_{2,5} in funzione della soglia considerata di "non impatto" con i corrispondenti RA espressi in

percentuale e calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato, per la mortalità generale (ICD da 000 a 799).

Provincia di Bologna		Valore limite PM _{2,5} (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>20	>10
Mortalità Generale Tasso = 1096	Stima N morti (RA %)	100 (1,07)	199 (1,86)
	IC al 95% N (RA %)	73-126 (0,79-1,35)	147-251 (1,37-2,35)

La figura mostra come sono distribuiti i 199 morti in eccesso (linea centrale, le altre due curve rappresentano i relativi intervalli di confidenza), alla soglia di 10 µg/m³, in base alle concentrazioni di PM_{2,5} nel 2008. Circa 45 morti sono dovuti all'esposizione a 30 µg/m³.

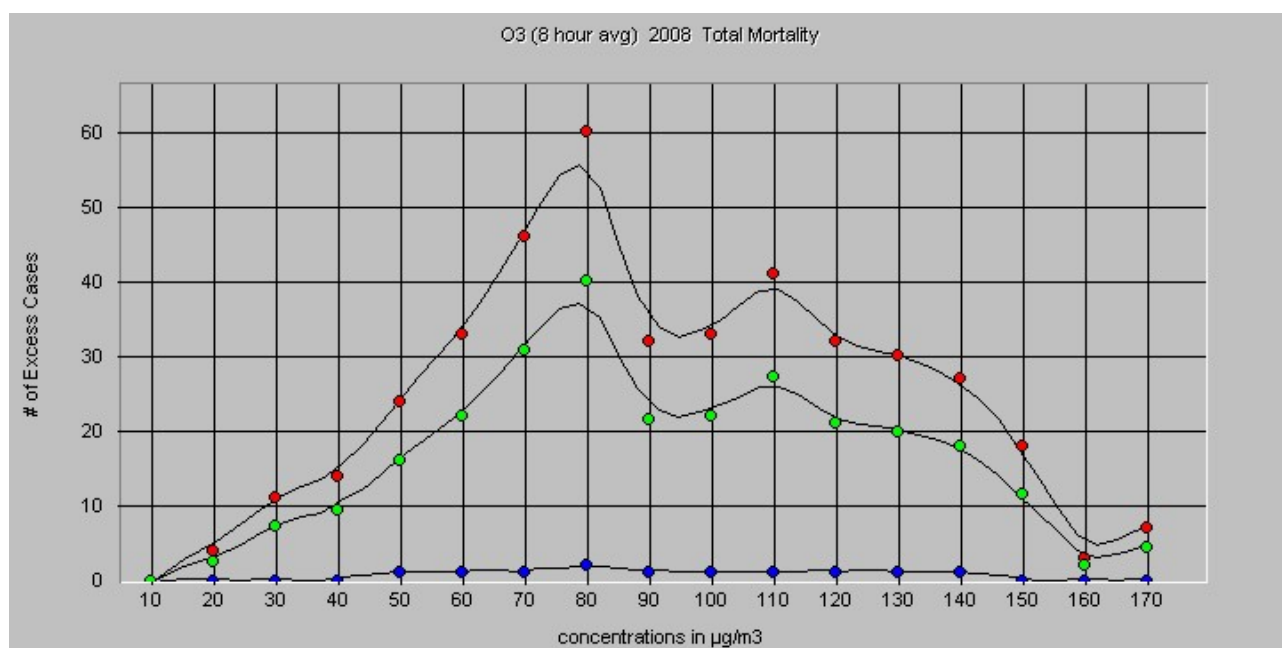


2.4 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

Anche in questo caso per gli esiti sanitari considerati nello studio di impatto si sono utilizzati i valori dei rischi relativi (RR) implementati nel software e desunti dalla letteratura con i relativi limiti di confidenza al 95%.

La stima dei morti in eccesso, nel territorio della provincia di Bologna, da attribuire all'ozono è stata effettuata alle soglie di 10, 60 e 110 µg/m³.

Provincia di Bologna	Soglia di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	sotto la quale non si considerano effetti sulla salute					
	>110		>60		>10	
2008 MORTALITA'	N (ic 95%)	RA %	N (ic 95%)	RA %	N (ic 95%)	RA %
Generale	12 (0,5-18)	0,67 (0,03 - 1,03)	81 (3 - 124)	1,37 (0,05 - 2,09)	279 (11 - 421)	2,61 (0,10 - 3,93)
Cardiovascolare	3 (nd - 4)	0,53 (nd - 0,79)	20 (nd-29)	1,08 (nd - 1,61)	63 (nd-93)	2,06 (nd-3,05)
Respiratoria	3 (0,61 - 2,)	1,64 (0,45- 2,69)	20 (8 -33)	3,30 (1,24 - 5,38)	64 (24 - 102)	6,16 (2,36 - 9,85)



La figura mostra (con relativi intervalli di confidenza al 95 %) la distribuzione dei 279 (IC: 11-421) morti in eccesso alle varie concentrazioni di ozono avendo come riferimento la soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento mostra un picco, pari a 40 casi in eccesso, alla concentrazione di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

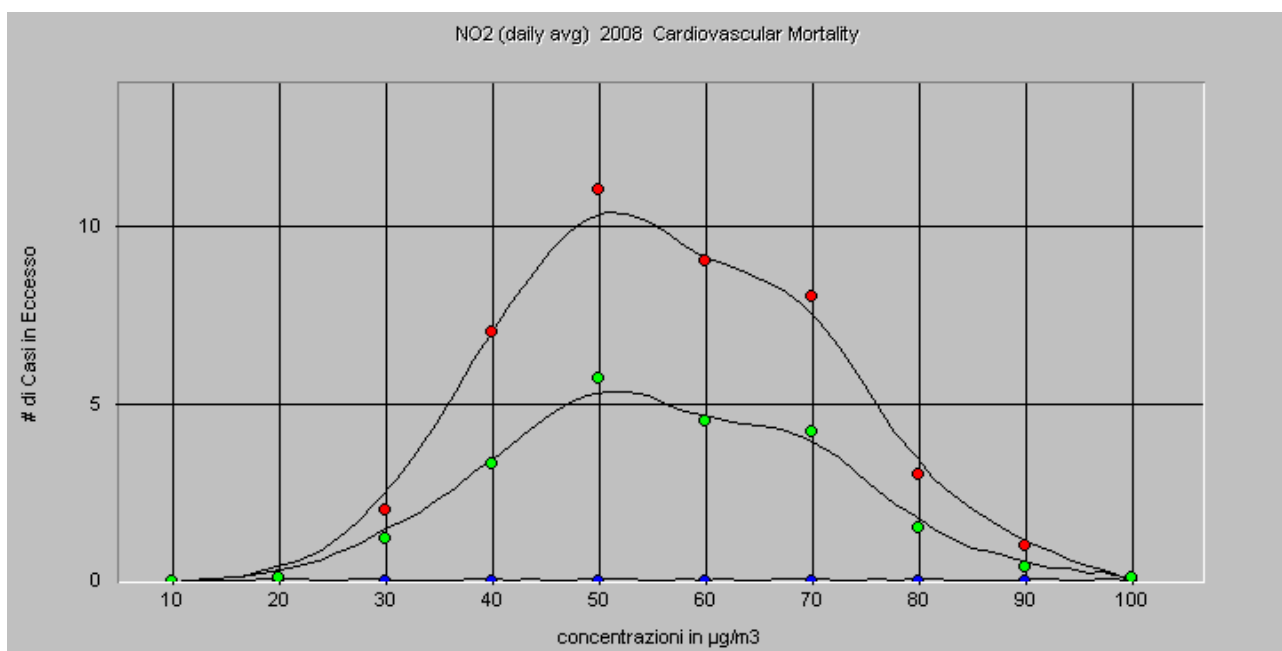
2.5 Stima dell'impatto sanitario del Biossido d'Azoto (NO_2)

La stima d'impatto, per quel che concerne la mortalità, è stata eseguita soltanto per gli effetti acuti dovuti alle patologie cardiovascolari, in quanto attualmente esiste a livello internazionale solo questo Rischio Relativo che è implementato in AirQ ed è uguale a 1,002 ($1,0 \div 1,004$).

La seguente tabella riporta il numero dei decessi in eccesso attribuibili all' NO_2 in funzione della soglia considerata di "non impatto" con i corrispondenti RA espressi in

percentuale e calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato, per la mortalità cardiovascolare (ICD da 410 a 436).

Provincia di Bologna		Valore limite NO ₂ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>40	>10
Mortalità cardiovascolare Tasso = 305	Stima N morti (RA %)	5 (0,21)	21 (0,69)
	IC al 95% N (RA %)	0-10 (0-0,42)	0-41 (0-1,37)



La figura mostra come sono distribuiti i 21 morti in eccesso (linea centrale, le altre due curve rappresentano i relativi intervalli di confidenza) alle varie soglie di concentrazione di NO₂, in base alla concentrazione di questo nel 2008.

2.6 Gli anni di vita persi

L'indicatore "ANNI di VITA PERSI" (Years of Life Lost - YOLL) è un parametro che rende, forse, più concretamente visibile il danno prodotto dal persistere dell'inquinamento atmosferico rispetto al numero dei morti attribuibili calcolato in precedenza.

Tenendo conto che muoiono persone d'età diverse, il danno subito dall'intera collettività, con il venire a mancare di risorse umane preziose, è stimato in termini di anni di vita perduti. Anche per questa stima si è utilizzato il software AirQ, versione 2.2.3, che prevede l'uso di concentrazioni di PM_{2.5}.

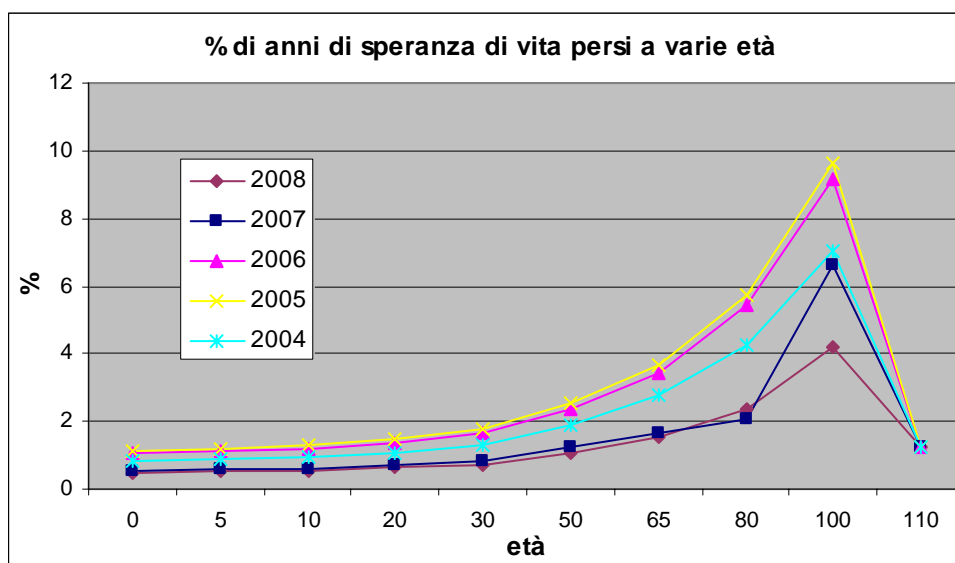
Utilizzando la soglia di non effetto di 15 µg/m³ (fissato per il confronto tra studi europei) si ottiene la "speranza di vita" espressa in anni per ogni età e gli "anni di speranza vita persi" a seguito dell'esposizione ai livelli raggiunti dalle polveri PM_{2.5} nel 2005. Nella tabel-

la 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 (Limiti di Confidenza al 95 %)	% impatto
0	82,03	0,38 (0,10-0,67)	0,46
5	77,30	0,39 (0,10-0,67)	0,50
10	72,38	0,39 (0,10-0,67)	0,54
20	62,53	0,39 (0,10-0,67)	0,62
30	52,79	0,39 (0,10-0,67)	0,74
50	33,61	0,36 (0,09-0,63)	1,07
65	20,30	0,31 (0,08-0,55)	1,53
80	9,28	0,22 (0,06-0,39)	2,37
100	2,15	0,09 (0,02-0,16)	4,19
110	0,81	0,01 (0,00-0,01)	1,23

La tabella si legge nel seguente modo: un bambino nato nel 2008 in provincia di Bologna, in base alla struttura per età della popolazione e al tasso di mortalità generale avvenuto nel 2008, ha una speranza di vita di oltre 82 anni. Di questi però 0,38 (con un intervallo di confidenza da 0,10 a 0,67) sono perduti a causa dell’esposizione ai livelli d’inquinamento da PM_{2,5} del 2008. In altre parole lo 0,46 % della propria speranza di vita va perduta per i livelli di inquinamento da PM_{2,5}.

Dalla figura è evidente come siano le fasce di popolazione anziana a pagare il maggior tributo in termini di speranza di vita perduta. Seppur la situazione abbia subito modificazioni nell’anno 2008 rispetto agli anni precedenti, la curva subisce comunque una crescita veloce a partire dai 50 anni, fino ad arrivare intorno al 4% circa all’età di 100 anni. L’impatto nel 2008 si conferma comunque notevolmente migliorato rispetto agli anni precedenti.



Il programma utilizzato fornisce anche questi ulteriori dati:

	Anni di vita persi nel corso del 2008 (IC al 95 %)	Tasso x 100 mila residenti
Tutte le età	219,25 (58,36 – 375,60)	22,47 (5,98 – 38,50)
< 65 anni	23,17 (6,17 – 39,64)	3,13 (0,83 – 5,36)

In pratica la popolazione provinciale nel 2008 ha perduto oltre 219 anni di vita (con un minimo di 58 ad un massimo di circa 375 anni). Questo valore può essere letto anche come 22,5 anni di vita perduti ogni 100 mila abitanti.

La popolazione di età inferiore ai 65 anni (ma superiore a 30^d) perde 23 anni di vita (3 anni ogni 100.000 abitanti) a causa dell'inquinamento da PM_{2.5}. Risulta quindi svantaggiata proprio la popolazione anziana.

^d 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.

3. VIS per il Comune di Bologna

3.1 Popolazione e mortalità

3.1.1 I residenti

I dati di popolazione⁹, per il Comune di Bologna e necessari per il calcolo dei tassi grezzi di mortalità e di ospedalizzazione sono i seguenti:

	Al 1/01/2008	Al 31/12/2008	media nel 2008
Residenti tutte le età	372.255	374.944	373.600
Residenti 0-14 anni	38.992	39.858	39.425
Residenti 15-64 anni	232.786	235.105	233.946
Residenti >64 anni	100.477	99.981	100.229

3.1.2 Mortalità

I dati di mortalità riguardano i residenti morti¹⁰, per le cause considerate, in qualsiasi località, sono riportati nelle tabelle seguenti, insieme ai tassi grezzi Errore. Il segnalibro non è definito. di mortalità per 100.000 residenti:

Mortalità Anno 2008	Generale (ICD IX rev. < 800)		per patologie del sistema circolatorio (ICD IX 410-436)		per patologie dell'apparato respiratorio (ICD IX 460-519)	
	Numero morti	Tasso grezzo	Numero morti	Tasso grezzo	Numero morti	Tasso grezzo
Comune di Bologna	4.774	1.277,8	1283	343,4	442	118,3

3.2 Stima dell'impatto sanitario del PM₁₀

La stima di impatto è stata eseguita limitatamente agli effetti a breve termine sulla mortalità per tutte le cause (escluse le violente), mortalità da cause cardiocircolatorie e mortalità da cause respiratorie utilizzando i Rischi Relativi (con i relativi limiti di confidenza al 95%) di default del programma AirQ.

La stima del numero dei morti in eccesso da attribuire al PM₁₀ è stata effettuata per intervalli di 10 µg/m³, fino al valore di 60 µg/m³.

La tabella seguente riporta il numero dei decessi attribuibili al PM₁₀ in funzione della soglia sotto la quale si considera nullo l'impatto ed i corrispondenti Rischi Attribuibili (RA) espressi in percentuale calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato.

Mortalità totale		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³) <small>Errore. Il segnalibro non è definito.</small> (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)			
		>60	>40	>20	>10
Anno 2007 Bologna	Stima N morti (RA %)	13 (0,87)	34 (1,17)	77 (1,70)	107 (2,36)
Tasso = 1219	IC al 95% N (RA %)	11-15 (0,73-1,00)	29-39 (0,98-1,36)	65-89 (1,43-1,97)	90-124 (1,98-2,73)
Anno 2008	Stima N morti (RA %)	6 (0,73)	17 (0,89)	48 (1,03)	78 (1,63)

Bologna Tasso = 1278	IC al 95% N (RA %)	5-7 (0,62-0,85)	14-20 (0,75-1,03)	41-56 (0,86-1,19)	66-90 (1,37-1,89)
-------------------------	-----------------------	--------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Ovviamente il numero dei morti attribuibili al superamento del limite di concentrazione, diminuisce all'aumentare del valore soglia che si prende in considerazione (tanto più alta è la soglia, tanto minore risulta il numero dei morti "attribuibili" al suo superamento). In ogni caso assistiamo ad una drastica riduzione dell'impatto sulla mortalità generale, che per alcune soglie sfiora il dimezzamento tra il 2007 e il 2008.

Tale andamento si verifica anche per le altre cause di morte come si osserva nelle successive tabelle, a parte per le patologie respiratorie alla soglia di 10 µg/m³ dove i valori sono ancora simili.

Mortalità sistema circolatorio		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)			
		>60	>40	>20	>10
Anno 2007 Bologna Tasso = 343	Stima N morti (RA %)	4 (0,94)	11 (1,27)	23 (1,83)	33 (2,55)
	IC al 95% N (RA %)	3-9 (0,59-2,08)	7-230 (0,80-2,80)	15-51 (1,15-4,03)	21-71 (1,60-5,55)
Anno 2008 Bologna Tasso = 343,4	Stima N morti (RA %)	2 (0,79)	5 (0,96)	14 (1,11)	23 (1,76)
	IC al 95% N (RA %)	1-4 (0,50-1,77)	3-11 (0,60-2,14)	9-31 (0,70-2,46)	14-50 (1,10-3,88)

Mortalità patologie respiratorie		Valore limite di PM ₁₀ (µg/m ³) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)			
		>60	>40	>20	>10
Anno 2007 Bologna Tasso = 100	Stima N morti (RA %)	2 (1,40)	5 (1,89)	10 (2,72)	14 (3,77)
	IC al 95% N (RA %)	0-5 (0,94-4,18)	3-14 (1,27-5,60)	7-30 (1,83-7,94)	10-41 (2,55-10,78)
Anno 2008 Bologna Tasso = 118	Stima N morti (RA %)	1 (1,19)	3 (1,44)	7 (1,66)	12 (2,62)
	IC al 95% N (RA %)	1-3 (0,79-3,57)	2-8 (0,96-4,30)	4-22 (1,11-4,94)	8-34 (1,76-7,66)

Rispetto al totale della Provincia, si notano valori leggermente superiori nel Comune di Bologna, soprattutto per la mortalità da patologie respiratorie (RA=2,22 % per il valore soglia maggiore di 10 µg/m³ in Provincia, vs. il 2,62 % a Bologna città).

3.3 Stima dell'impatto sanitario dell'Ozono

Nel nostro studio si sono utilizzati i dati di concentrazione di Ozono forniti da 2 centraline installate nel territorio provinciale di Bologna (Giardini Margherita e Zanardi).

Per tutti gli eventi considerati nello studio di impatto si sono utilizzati solo i valori dei rischi relativi (RR) forniti direttamente dal software AirQ con i relativi limiti di confidenza al 95%¹¹. La stima dei morti in eccesso, nel territorio della provincia di Bologna, da attribuire all'Ozono è stata effettuata alle soglie di 10, 60 e 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Comune di Bologna	Soglia di Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	sotto la quale non si considerano effetti sulla salute					
	>110		>60		>10	
Anno 2008 MORTALITÀ	N (ic 95%)	RA %	N (ic 95%)	RA %	N (ic 95%)	RA %
Generale	6 (0,2-9)	0,67 (0,03-1,02)	37 (2-57)	1,40 (0,06-2,12)	167 (7-251)	2,50 (0,10-3,78)
Cardiovascolare	1 (nd-2)	0,53 (nd-0,79)	8 (nd-12)	1,10 (nd-1,64)	25 (nd-38)	1,97 (nd-2,93)
Respiratoria	1 (0,5-2,2)	1,63 (0,61-2,68)	8 (3-14)	3,36 (1,26-5,46)	26 (10-42)	5,92 (2,26-9,48)

Rispetto all'anno precedente si registra un lieve calo della percentuale di morti attribuibili all'inquinamento da Ozono. Come negli anni precedenti prevale nettamente il rischio per la mortalità respiratoria, rispetto a quella cardiovascolare (5,92% vs. 1,97%, considerando il valore soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A differenza di quanto avviene per il PM10, in questo caso è l'intera Provincia a registrare valori leggermente superiori, soprattutto per la mortalità per malattie respiratorie (per un valore soglia superiore a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): 5,92% a Bologna vs. 6,16% in Provincia.

3.4 Stima dell'impatto sanitario dell' NO_2

La stima d'impatto è stata eseguita per gli effetti acuti sulla mortalità per cause cardiocircolatorie utilizzando il Rischio Relativo implementato in AirQ.

La seguente tabella riporta il numero dei decessi attribuibili all' NO_2 per le soglie di 10, e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con i corrispondenti RA espressi in percentuale e calcolati rispetto al totale della popolazione esposta a rischio nel periodo considerato, per la mortalità per cause cardiocircolatorie.

Comune di Bologna		Valore limite NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (soglia sotto la quale si considera che non si hanno effetti sulla salute)	
		>40	>10
Mortalità CardioCircolatoria Tasso = 343	Stima N morti (RA %)	4 (0,35)	11 (0,87)
	IC al 95%	0 - 8	0 - 22
	N (RA %)	(0 - 0,69)	(0 - 1,72)

Rispetto all'analogo dato calcolato per tutta la Provincia, si rilevano valori di RA superiori: considerando la soglia di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2008 a Bologna l'RA risulta pari a 0,87, vs. 0,69 del totale della Provincia.

3.5 Gli anni di vita persi

I valori di PM 2.5 utilizzati per il calcolo degli anni di vita persi derivano dalla Centralina di via S. Felice

Una volta definito il livello soglia della concentrazione di PM sotto la quale non si prevedono effetti sulla salute, che nel nostro studio è stato fissato in $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, si ottiene la "speranza di vita" in anni per ogni età e gli anni di vita persi a seguito dell'esposizione alle concentrazioni di $\text{PM}_{2,5}$ per alcune età, come mostrato nella seguente tabella; successivamente si riporta a titolo di confronto anche quella relativa all'anno precedente.

Anno 2008

Età	Speranza di vita (anni)	Anni persi	Limiti di Confidenza al 95 %	% impatto
0	82,30	0,40	(0,10– 0,69)	0,49
5	77,64	0,40	(0,10– 0,69)	0,52
10	72,75	0,40	(0,10– 0,69)	0,55
20	62,86	0,40	(0,10– 0,69)	0,64
30	53,01	0,40	(0,11– 0,70)	0,75
50	33,91	0,37	(0,10 – 0,65)	1,09
65	20,64	0,32	(0,08 – 0,56)	1,55
80	9,64	0,23	(0,06– 0,41)	2,39
100	2,57	0,10	(0,03 – 0,18)	3,89
110	0,84	0,01	(0,00 – 0,01)	0,49

In pratica un bambino nato nel 2008 nel comune di Bologna ha, in base alla struttura della popolazione e al tasso di mortalità generale, la speranza di vivere 82,3 anni. Di questi però 0,4 (con un intervallo di confidenza da 0,1 a 1,38) vengono persi a causa dei livelli di inquinamento da $\text{PM}_{2,5}$ avuti nel 2008. La stima degli anni persi è leggermente diminuita rispetto all'analogo del 2007 e questo si ripercuote positivamente su tutti gli indicatori correlati.

Il programma fornisce alcuni altri indicatori, i cui dati vengono presentati di seguito.

Anni di vita persi nel corso del 2008 (IC al 95 %)	Tasso x 100 mila residenti
Tutte le età	94,08 (25,04 – 161,16)
< 65 anni	25,02 (6,66 – 42,86)
	3,33 (0,89 – 5,71)

Nel complesso della popolazione esposta di Bologna nell'anno 2008 l'insieme degli anni di vita persi sono 94 (I.C. al 95% da 25 a 161) ovvero la metà rispetto ai 185 anni persi nel 2007. Questo valore può essere letto anche come 25 anni di vita persi ogni 100 mila abitanti, inferiore al valore dell'anno precedente: 49 anni. In Provincia tale valore è ulteriormente inferiore, pari a 22 per 100.000 abitanti.

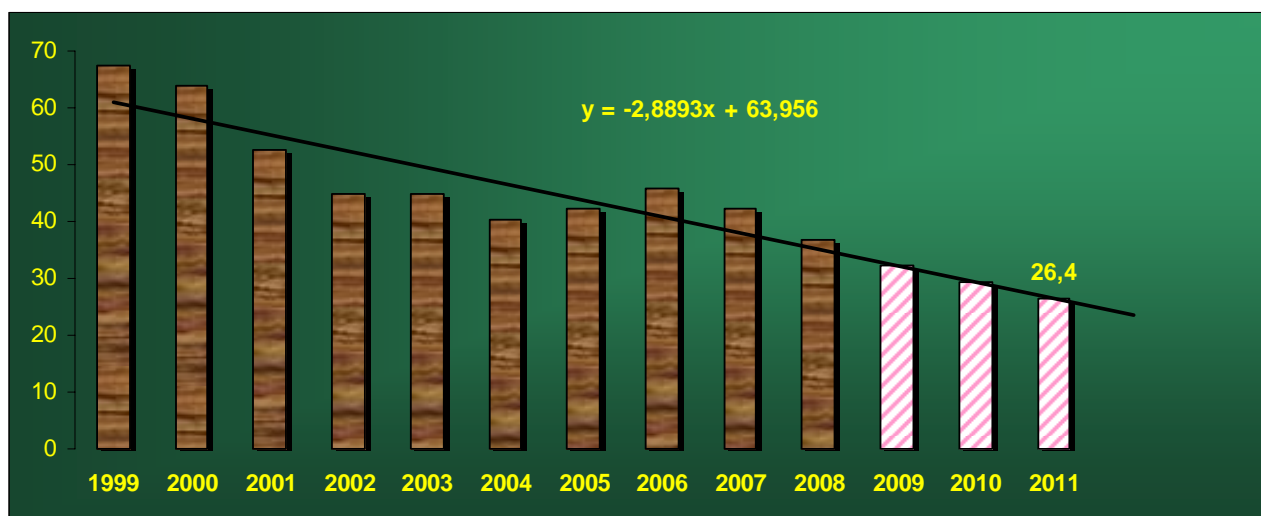
4. Confronto tra dati storici (1999-2008)

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM₁₀ e gli effetti sulla salute, i confronti sono effettuati utilizzando soltanto i dati provenienti dalla centralina di S. Felice per la quale è presente una continuità di rilevazione dal 1999 al 2008, e che sono riassunti nella seguente tabella:

Anno	n. dati	Media	d.s.	moda	25°perc.	Mediana	75°perc.
1999	152	67,6	32,1	56,0	46,0	62,9	79,4
2000	303	63,8	36,9	50,0	38,5	53,0	75,0
2001	246	52,7	28,6	41,0	31,0	49,0	70,0
2002	341	44,7	32,2	22,0	23,0	36,0	55,0
2003	335	44,8	23,7	27,0	25,5	38,0	55,5
2004	318	40,3	20,9	26,0	21,3	33,0	51,0
2005	337	42,2	19,9	23,0	28,0	37,0	53,0
2006	321	45,7	26,3	32,0	28,0	39,0	56,0
2007	345	42,1	22,8	22,0	25,0	35,0	55,0
2008	362	32,2	18,9	26,0	19,5	26,5	39,8

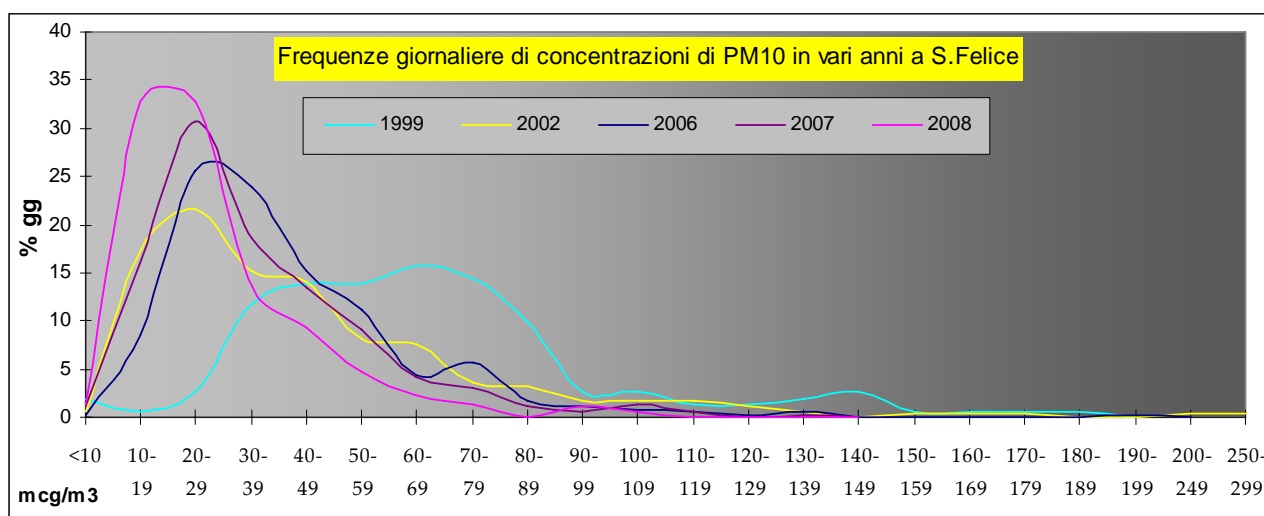
Nel periodo considerato gli indici di centralità (media, moda e mediana) tendono a diminuire, con una breve crescita negli anni 2005 e 2006, per poi tornare nuovamente a scendere negli ultimi due anni.

Il grafico successivo mostra l'andamento delle medie annuali di concentrazione di PM₁₀ rilevati a Porta S.Felice fino al 2008. Utilizzando tali dati è possibile calcolare la retta di regressione che avrà equazione: $[y = -2,8893x + 63,956]$. In tal modo possiamo prevedere che, se il calo dei livelli di PM₁₀ rimanga costante, nel 2011 la media dovrebbe essere 26,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comunque ancora superiore a quanto prevede l'OMS per la tutela della salute¹.



La media annuale delle concentrazioni da sola però non spiega la complessità del fenomeno. Infatti tale valore tende a "spalmare" lungo il corso dell'anno eventi particolarmente gravosi che potrebbero da soli dar conto degli effetti sanitari osservati. E' opportuno allora

considerare la distribuzione di frequenza delle concentrazioni in termini di numerosità giornaliera, suddivisi per classi di concentrazione. Il grafico che ne risulta è il seguente:

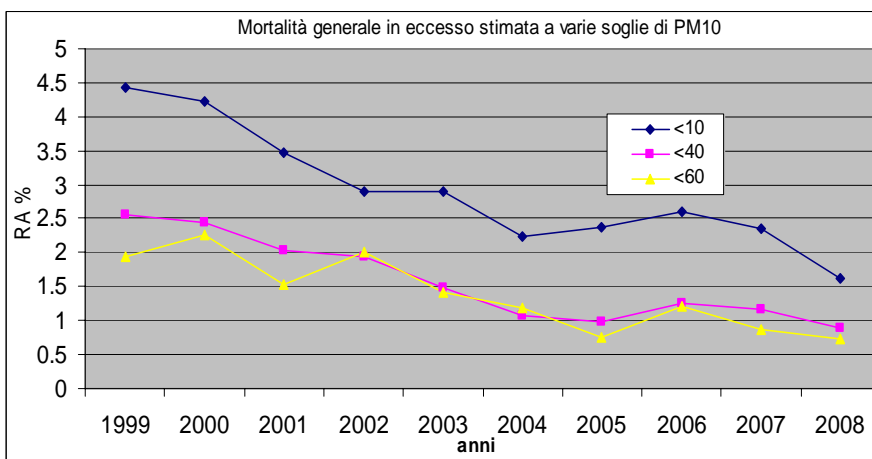


Dal 1999 al 2008 aumenta l'asimmetria, perché le concentrazioni più frequenti si spostano nella parte sinistra del grafico, quelle più basse, e con una minore dispersione verso i valori più elevati. Si è assistito pertanto ad una lenta, ma costante riduzione dei livelli di concentrazione misurati dalla centralina di S. Felice. Tra l'altro nel 2008 non si sono presentate gobbe e i valori estremi non superano i 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda la mortalità generale in provincia di Bologna, espressa come RA%, alle soglie di PM₁₀ di 10, 40 e 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, i valori che si otterrebbero, utilizzando solo i dati di concentrazione di PM₁₀ della centralina di Porta S.Felice, sono presentati nella seguente tabella e nel successivo grafico:

Anno	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999 ^e
<10	1,63	2,35	2,61	2,37	2,23	2,90	2,90	3,46	4,23	4,43
<40	0,89	1,17	1,26	0,99	1,27	1,49	1,95	2,04	2,44	2,56
<60	0,73	0,87	1,21	0,76	1,19	1,42	2,00	1,53	2,26	1,94

Quello che si nota è che gli effetti sanitari alle soglie considerate segnano tutte un decremento rispetto all'anno 2007, e sono addirittura inferiori ai valori riscontrati nel 2005,

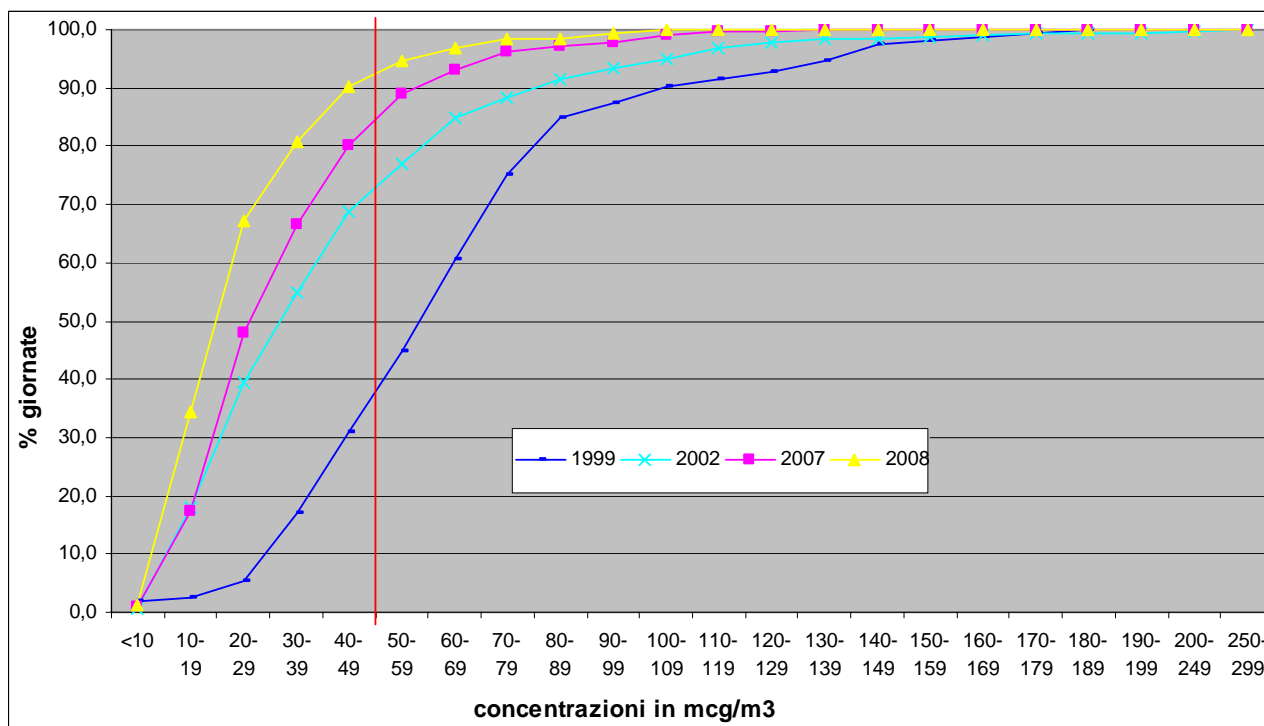


che rappresenta l'anno migliore in questi termini. Ancora una volta, non ci stancheremo di farlo notare, si conferma il fatto che ad avere maggior effetto sulla salute non è tanto l'andamento generale di un anno (la media annuale), ma l'intensità dei singoli episodi di superamento del limite

^e Il numero dei dati richiesto da AirQ per l'attendibilità delle stime non è stato raggiunto.

giornaliero. Cioè, oltre al numero di giorni oltre al limite (i famosi 35 giorni) bisogna considerare anche le concentrazioni che si raggiungono in quei giorni.

Se rappresentiamo la distribuzione delle giornate con concentrazioni superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, limite previsto dalla normativa per il 2008, si nota come poco meno del 10% delle giornate ha valori superiori. Tali giornate erano ben oltre il 60 % nel 1999, e oltre il 15% nel 2007.



Nel 2008 si è avuto un forte decremento del RA% per tutte le soglie in quanto sono diminuite le giornate con valori elevati (ci sono state solo 2 giornate oltre $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto alle 8 del 2007 e alle 13 del 2006).

A fronte dei grossi guadagni in termini di salute ottenuti fino al 2002 e ad una stasi fino al 2004 si era poi avuto un aumento dei danni negli anni successivi. Da alcuni anni è ripreso il trend alla diminuzione e di conseguenza un nuovo guadagno in termini di salute. E' sulla riduzione delle alte concentrazioni nelle singole giornate che occorre agire per ridurre gli eventi dannosi per la salute.

5. Conclusioni

Nel corso del 2007 è stato avviato lo studio italiano multicentrico EPIAIR³ che aveva tra gli obiettivi: rapporto sugli indicatori ambientali rilevanti per la salute nel periodo 2001-2005 in 10 città italiane; caratterizzazione del PM₁₀; repertorio degli interventi di contenimento dell'inquinamento. I risultati raggiunti indicano¹²:

- È stato riscontrato un effetto immediato del PM₁₀ su tutte le cause di morte esaminate, con latenze che vanno dallo stesso giorno per la mortalità cerebrovascolare, fino al terzo giorno per la mortalità respiratoria. Le stime di associazione sono molto elevate (e statisticamente significative) per la mortalità respiratoria (2.29%), coerenti (e statisticamente significative) per la mortalità naturale (0.80%) e quella cardiaca (1.14%); l'incremento è più contenuto (e non statisticamente significativo) per la mortalità cerebrovascolare (0.62%).
- L'associazione tra NO₂ e mortalità presenta valori omogenei per le varie cause di morte, con effetti prolungati (fino al quinto giorno) e molto evidenti per tutte le cause: gli incrementi percentuali di rischio variano da 3.48% per la mortalità respiratoria a 2.09% per la mortalità naturale; anche la mortalità cerebrovascolare presenta incrementi elevati del 2.35%.
- L'associazione tra ozono e mortalità causa-specifica mostra andamenti simili a quanto osservato per l'NO₂, con latenze lunghe (fino al quinto giorno) per tutti i gruppi ad eccezione della mortalità cerebrovascolare, per cui si osserva un effetto ritardato (tra il terzo e il quinto giorno). Le stime d'effetto sono sempre elevate ma non sempre statisticamente significative: si passa da un incremento del rischio pari a 2.78% per la mortalità respiratoria, ad un incremento dell'1.36%, per la mortalità cerebrovascolare, con stime intermedie del 2.29% per le cause cardiache e dell'1.54% per quelle naturali.
- Quando gli effetti degli inquinanti sono stati esaminati contemporaneamente, l'effetto dell'NO₂ è in genere più rilevante e stabile di quello del PM₁₀, mentre l'ozono ha sempre un effetto indipendente rispetto a quello degli altri inquinanti.
- Lo studio ha considerato vari fattori di suscettibilità e ha messo in evidenza come le persone più anziane (specie le donne per quanto riguarda l'ozono), e quelle con particolari condizioni di salute (malattie cardiovascolari e respiratorie) sono più vulnerabili agli effetti dell'inquinamento.

Sono risultati molto importanti in quanto rappresentano l'intera situazione italiana (le 10 città più popolate) e per un lungo periodo di tempo di osservazione: dal 2001 al 2005. Bologna rientra tra le 10 città prese in esame e la sua situazione non si discosta da quella delle altre città del Nord.

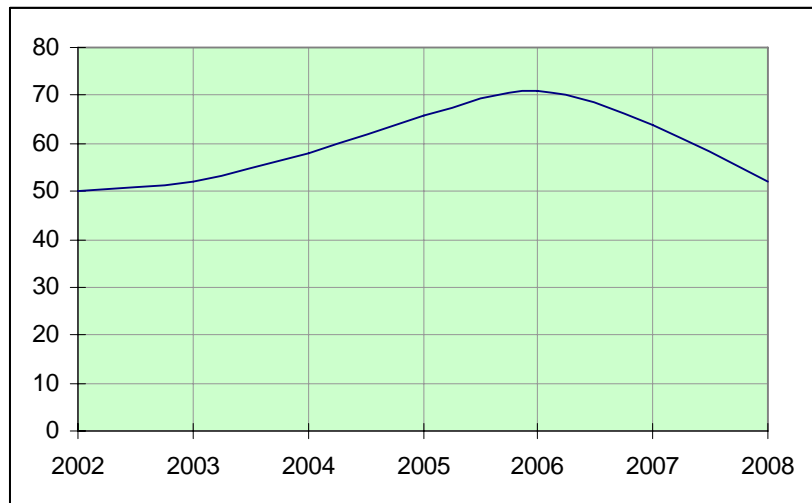
Dal 2005, come abbiamo potuto vedere in questo Rapporto, la situazione è andata lentamente a migliorare fino ad arrivare ad un vero e proprio salto in meglio nel 2008.

Come si può giustificare un tale miglioramento negli effetti sanitari in un anno? Si tratta di un evento sostanziale o dovuto all'effetto di qualche fenomeno contingente avvenuto nel 2008? Considerato che le variabili dell'equazione sono 2, le fonti degli inquinanti, le cui concentrazioni in aria sono influenzate dalle condizioni meteorologiche, e la popolazione su cui questi inquinanti agiscono, sarà su di essi che occorrerà puntare l'analisi. Nel concreto, tali variabili sono condizionate da: le misure adottate per il controllo

dell'inquinamento da traffico, una eventuale modifica nei tassi di mortalità, diverse condizioni meteorologiche nel 2008 rispetto agli anni precedenti. Vediamo di analizzarle tutte e tre.

1. Il controllo dell'inquinamento da traffico. Da tempo si riconosce tra le fonti di inquinamento atmosferico il traffico autoveicolare. In una città come Bologna, tale fonte è responsabile per oltre il 75 %, non essendoci sorgenti industriali particolari. Un

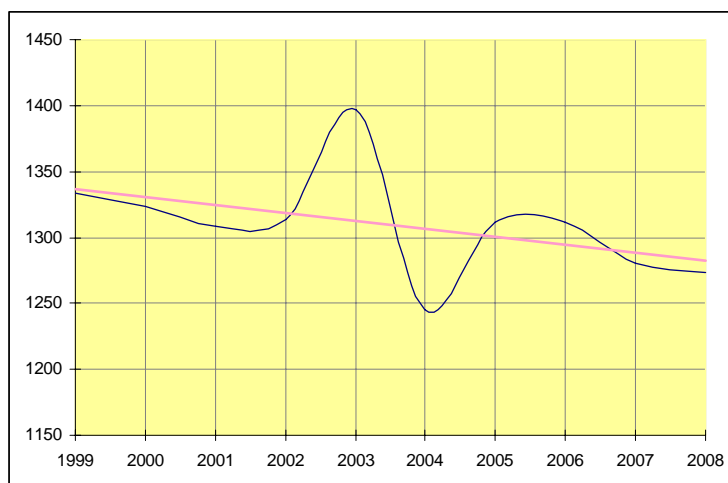
indicatore dei livelli di traffico è l'NO₂, inquinante prodotto dai processi di combustione, come quelli del motore a scoppio. Il grafico a fianco ci mostra le medie annuali di NO₂ misurate a Porta S.Felice dal



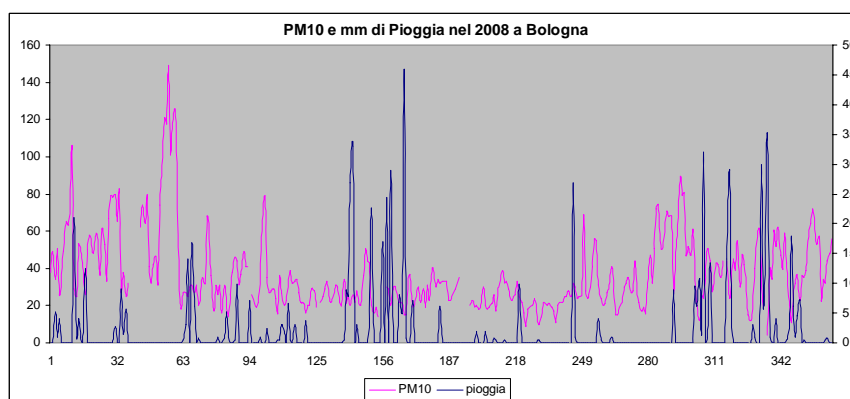
2002 al 2008¹³. I valori medi misurati quest'anno si possono considerare analoghi, a parte il 2006, a quanto misurato negli anni precedenti. In altre parole, resta da vedere se il trend alla diminuzione, iniziato nel 2007, si confermerà anche nei prossimi anni, ma i valori medi misurati non giustificano l'abbassamento degli effetti sanitari rilevati in questo Rapporto. Dal 2002 la regione Emilia-Romagna stipula accordi con le città con più di 50 mila abitanti per il controllo del traffico autoveicolare nei mesi invernali. Si tratta di momenti importanti in quanto diffondono la consapevolezza che l'inquinamento atmosferico è un problema generale che riguarda tutti. Più problematiche sembrano invece le ricadute a breve termine su un possibile miglioramento delle condizioni sanitarie. A tutt'oggi non esiste uno studio epidemiologico di valutazione mirato sugli effetti sanitari di tali protocolli. Da poco, a livello internazionale, si è iniziato a tentare di capire come le scelte politiche possano ridurre l'impatto dell'inquinamento. I primi risultati di tali studi lasciano molte incertezze interpretative^{14 15 16 17}. C'è da tenere in mente che nel frattempo si sono modificati i comportamenti dei consumatori a seguito delle continue direttive europee: miglioramento dei motori a benzina, aumento di auto diesel, nuovi incentivi per le auto a G.P.L. Insomma, tutte queste variabili forniscono un quadro ambiguo che riesce a dar poco conto del forte abbattimento dei livelli di inquinanti atmosferici;

2. La mortalità nella popolazione: l'altro elemento da tenere in considerazione è il tasso grezzo di mortalità della popolazione. Se questo si fosse abbassato, cioè ci fossero stati in generale meno morti a parità di popolazione, potremmo trovarci nella condizione di dover imputare ad una migliorata qualità della vita, o dell'assistenza, la resistenza agli effetti dell'inquinamento. Il grafico se-

guente rappresenta l'andamento del tasso grezzo di mortalità ogni 100 mila abitanti a Bologna città dal 1999 al 2008, per tutte le cause. Salta subito in evidenza il forte aumento del 2003 (dovuto all'ondata di calore) con il successivo rimbalzo in negativo del 2004. In generale si può notare (linea rosa) un trend costantemente in ribasso che non lascia adito ad una diminuzione particolare per il 2008. Non sembra quindi che anche da questo fronte si possa giustificare un notevole miglioramento dell'impatto sanitario misurato nel 2008.



3. La meteorologia: componente fondamentale nello spiegare la concentrazione degli inquinanti in aria è ovviamente la meteorologia, in tutte le sue componenti: temperatura, precipitazioni, altezza del rimescolamento, ecc. Il 2008 si è caratterizzato con una quantità di pioggia maggiore del 2007⁵, passando da 586 mm a circa 750 mm. Questo, anche se occorre approfondirne gli esiti, potrebbe essere una possibile giustificazione dei valori di concentrazione minori di inquinanti trovati nel 2008. Se infatti grafichiamo le giornate di pioggia con i valori di PM₁₀ scopriamo che a partire da ottobre 2008 fino alla fine dell'anno si sono avuti giornate con forte precipitazione che hanno fortemente abbassato le quantità di polveri in aria. Questo effetto non si è invece verificato nella prima parte dell'anno quando le concentrazioni di PM₁₀ hanno avuto la possibilità di superare le soglie dei 50 µg/m³. E' questo certamente un campo importante da approfondire con appositi studi per valutare la congruità delle misure di blocchi del traffico a giorni prefissati, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche.



Note Bibliografiche

- ¹ WHO air quality guidelines global update 2005 – Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 october 2005 (<http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>)
- ² M.Martuzzi et al. “Health Impact of PM10 and Ozone in 13 italian cities”, OMS Regional Office for Europe 2006
- ³ Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione (EpiAir) - Centro Controllo Malattie (CCM) del Ministero del Lavoro, Salute e Sicurezza Sociale (<http://www.ccm-network.it/?q=node/30>)
- ⁴ DPCM 29/11/2001, pubblicato in G.U. 8/2/2002 n. 33, Allegato 1, p. 1.2
- ⁵ Rapporto sulla Valutazione Sanitaria della qualità dell'aria a Bologna - Anno 2006 (C. Scarnato, E.Pipitone) (<http://www.dsp-auslbo.it/pdf/epi/vis2006.pdf>)
- ⁶ 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)
- ⁷ DPR 23 maggio 2003. Suppl. Ord. N. 95 – G.U. n. 139 del 18 giugno 2003 – serie generale
- ⁸ Sito internet del DSP dell' AUSL di Bologna: <http://www.dsp-auslbo.it/pdf/epi/vis2004combo.pdf>
- ⁹ Sito internet della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/statistica/>)
- ¹⁰ Registri di mortalità delle Aziende Usl di Bologna e Imola
- ¹¹ Krzyzanowski M, Methods for assessing the extent of exposure and effects of air pollution. Occupational and Environmental Medicine, 54: 145-151 (1997)
- ¹² Stafoggia et al., Il progetto EPIAIR: inquinamento atmosferico e mortalità (2001-2005). In corso di pubblicazione.
- ¹³ Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Sintesi dati 2008. ARPA Sezione provinciale di Bologna. Giugno 2009
- ¹⁴ 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
- ¹⁵ Friedman MS, Kenneth E. Powell KE, Hutwagner L, Graham LRM, Teague WG. Impact of Changes in Transportation and Commuting Behaviors During the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on Air Quality and Childhood Asthma. JAMA 2001;285:897-905
- ¹⁶ Peel et al comunicazione OS11.7.5 ISEE 2009
- ¹⁷ Dominici F, Peng RD, Zeger SL, White RH, Samet JM. (2007). Particulate Air pollution and Mortality in the United States: Did the Risks Change from 1987 to 2000 ? Am J Epidemiol 2007; 166: 880-888