

Dipartimento di Ancona
Servizio Epidemiologia Ambientale

IMPATTO SANITARIO DELLE POLVERI SOTTILI A PESARO NEGLI ANNI 2009-2011 VALUTAZIONE DEI POSSIBILI GUADAGNI DALLE POLITICHE DI MIGLIORAMENTO AMBIENTALE

Sara Laperuta*, Marco Baldini, Silvia Bartolacci**, Katiuscia Di Biagio**,
Thomas V. Simeoni**, Mauro Mariottini****

*Laureata frequentatrice

** ARPAM - Dipartimento di Ancona



Settembre 2015

SOMMARIO

ABSTRACT	3
1. INTRODUZIONE	5
1.1. OBIETTIVI	6
2. MATERIALI E METODI	7
2.1. DATI AMBIENTALI	7
2.2. POPOLAZIONE IN STUDIO	8
2.3. DATI SANITARI	9
2.4. METODO PER LA VALUTAZIONE DI HEALTH IMPACT ASSESSMENT (HIA) ...	10
3. RISULTATI	11
4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	14
ALLEGATO - METODOLOGIA DI CALCOLO	15
BIBLIOGRAFIA	19

ABSTRACT

Background

L'inquinamento atmosferico è una delle principali cause ambientali che determina patologie nelle popolazioni esposte ed è responsabile di un gran numero di morti premature.

Recenti studi, effettuati nell'ambito del progetto Aphekom sulla popolazione europea di 25 città, hanno evidenziato come diversi stati europei superino i valori limite della concentrazione di particolato atmosferico proposti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO). Tale informazione mette in luce l'esistenza di un margine di miglioramento supportato da molti e recenti studi sulla qualità dell'aria.

Obiettivi

Grazie agli strumenti proposti dal progetto Aphekom (utilizzati precedentemente per la città di Ancona) si vuole evidenziare, anche in riferimento alla popolazione di Pesaro, la possibilità di benefici sia sanitari che economici attraverso l'utilizzo e l'intervento di una politica ambientale.

Dati e metodi

I dati ambientali sono stati reperiti tramite le pubblicazioni ufficiali disponibili in rete sulla qualità dell'aria registrata presso la centralina in via Scarpellini negli anni 2009-2011. Lo studio ha valutato gli impatti a breve e a lungo termine delle sole polveri sottili, in quanto di maggiore interesse per la salute umana e più rilevanti nelle condizioni ambientali riscontrate.

I dati sanitari di interesse per lo studio nello stesso periodo sono quelli nella disponibilità dell'Osservatorio Epidemiologico Ambientale dell'Arpam. Per la valutazione degli impatti evitabili (mortalità e ricoveri ospedalieri evitabili, anni potenziali di vita guadagnati) si è utilizzata la metodologia dell'Health Impact Assessment (HIA), e in particolare sono stati applicati i tools proposti dal progetto Aphekom. Le funzioni di rischio sono state ricavate dalla letteratura scientifica internazionale riportata nel progetto suddetto, così come la metodologia finalizzata alla stima dell'impatto economico.

Nel presente lavoro si sono proposti due scenari di miglioramento ambientale, quali:

1. la riduzione di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ delle polveri sottili,
2. il rispetto dei valori di qualità dell'aria proposti dal WHO.

Risultati

Durante i tre anni di studio, la centralina di riferimento per il rilevamento delle polveri di Pesaro non ha registrato il superamento dei limiti di qualità dell'aria previsti dalla normativa italiana che, ad ogni modo, sono superiori a quelli proposti dal WHO.

Gli effetti a breve termine per esposizioni a PM_{10} sono quantificabili, per lo scenario 1, in 3 decessi evitabili all'anno. La mortalità precoce evitabile nello scenario 2 è quantificabile in 7 decessi all'anno. I benefici sulla ospedalizzazione per cause respiratorie nei due scenari è rispettivamente di 6 e 15 ricoveri. Sulle ospedalizzazioni per cause cardiache i risparmi sarebbero di 5 e 12 eventi.

La mortalità precoce evitabile quale effetto a lungo termine per esposizioni a $\text{PM}_{2,5}$ è quantificabile, per lo scenario 1, in 27 decessi all'anno. In questo scenario il guadagno nell'aspettativa di vita a 30 anni è di 2,9 mesi, pari ad un guadagno globale nella stessa

popolazione di 289,0 anni. Nello scenario 2, la mortalità precoce è calcolata in 47 decessi all'anno, mentre il guadagno globale nell'aspettativa di vita a 30 anni è pari a 5,1 mesi, corrispondente ad un guadagno globale nella stessa popolazione di 509,6 anni.

I benefici sulla mortalità per cause cardiovascolari nei due scenari sommano, rispettivamente, a 21 e 36 decessi.

Conclusioni

Nella realtà della città di Pesaro, pur esistendo condizioni di contaminazione ambientale non particolarmente critiche almeno in confronto a molte città della pianura padana, vi sono indicazioni per perseguire politiche ed obiettivi di miglioramento ambientale, sia in vista del beneficio ottenibile in termini di salute sia di risparmio economico.

Keywords : PM_{10} , $PM_{2,5}$, mortalità, ospedalizzazione, Aphekom

1. INTRODUZIONE

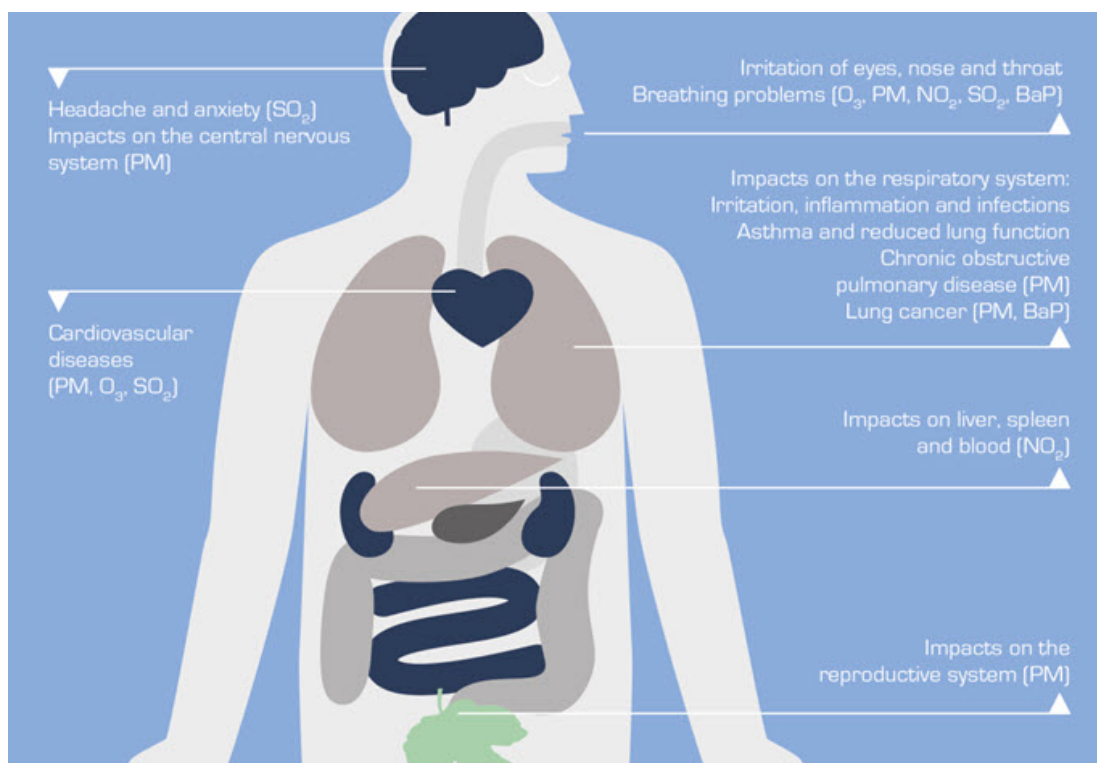
Il progetto europeo "Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe (Aphekom)" (1) ha messo a punto una metodologia che è stata adottata per lo studio dell'impatto sanitario delle polveri sottili, tra il 2009 e il 2011, sui residenti nel Comune di Ancona (per ulteriori informazioni si rimanda alla lettura del documento sul sito http://www.arpa.marche.it/images/epidemiologia/2015_esp/2015_04_ancona/2015_04_ancona.pdf); il presente lavoro riporta i risultati di un analogo studio replicato per la città di Pesaro.

Studi come questi sono importanti per il monitoraggio degli inquinanti atmosferici e dei loro effetti sulla salute umana nelle città, i cui livelli sono ancora lontani dal raggiungimento degli standard di qualità dell'aria proposti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) (2).

In Europa, uno dei primi fattori di rischio associato alle morti premature risulta essere l'inquinamento atmosferico, in quanto esso aumenta l'incidenza di una vasta gamma di malattie (Figura 1) producendo effetti sia a lungo che a breve termine sulla salute; non sono inoltre trascurabili le conseguenze di tipo ambientale che danneggiano la vegetazione e l'ecosistema (2).

Molti cittadini Europei infatti sono esposti a dosi d'inquinamento superiori agli standard Europei (2), soprattutto per quanto riguarda i livelli di particolato atmosferico (PM) e ozono (O₃) a livello del suolo. Quest'ultimi sono gli inquinanti che causano i principali problemi di salute nella popolazione. Tra le malattie più comuni dovute all'inquinamento atmosferico, troviamo le malattie cardiache e l'ictus (responsabili dell'80% dei casi), seguite dalle malattie polmonari e dal cancro ai polmoni (3).

Figura 1. Alcuni effetti sulla salute umana associati all'inalazione di polveri (14)



Il recente studio *Global Burden of Disease* (4) indica come nel mondo, nel 2012, vi siano stati circa 3,7 milioni di morti premature la cui causa potrebbe essere attribuita all'esposizione all'inquinamento atmosferico

Nella valutazione globale degli impatti sulla salute, oltre al calcolo numerico degli eventi sanitari, occorre considerare anche il costo economico e sociale ad essi collegato, per esempio relativo a fattori quali le assenze dal lavoro, i giorni di inattività, i giorni di scuola persi, il peso dell'assistenza domestica e soprattutto i costi pubblici e privati dell'assistenza sanitaria.

La conoscenza e la quantificazione degli impatti ambientali, sanitari ed economici della contaminazione ambientale ha finalità, anche a livello locale, di sensibilizzazione della popolazione e di orientamento delle scelte organizzative e delle politiche ambientali.

1.1. OBIETTIVI

Come nel precedente sui residenti ad Ancona (5), anche in questo studio l'obiettivo è quello di provare a quantificare i benefici che si riscontrerebbero se i livelli di polveri sottili rilevati a Pesaro si riducessero a quelli raccomandati dalla WHO. Tali benefici per la popolazione possono essere descritti in termini economici, di salute e di aspettativa di vita.

Utilizzando gli strumenti forniti dal progetto europeo Aphekom, presentati nel documento "Guidelines for assessing the health impacts of air pollution in European cities – Workpackage 5" (1), sono valutati nella popolazione di Pesaro gli eventi evitabili e i relativi costi potenzialmente associati all'inquinamento atmosferico rilevato negli anni 2009-2011. In particolare sono stati presi in considerazione i seguenti scenari:

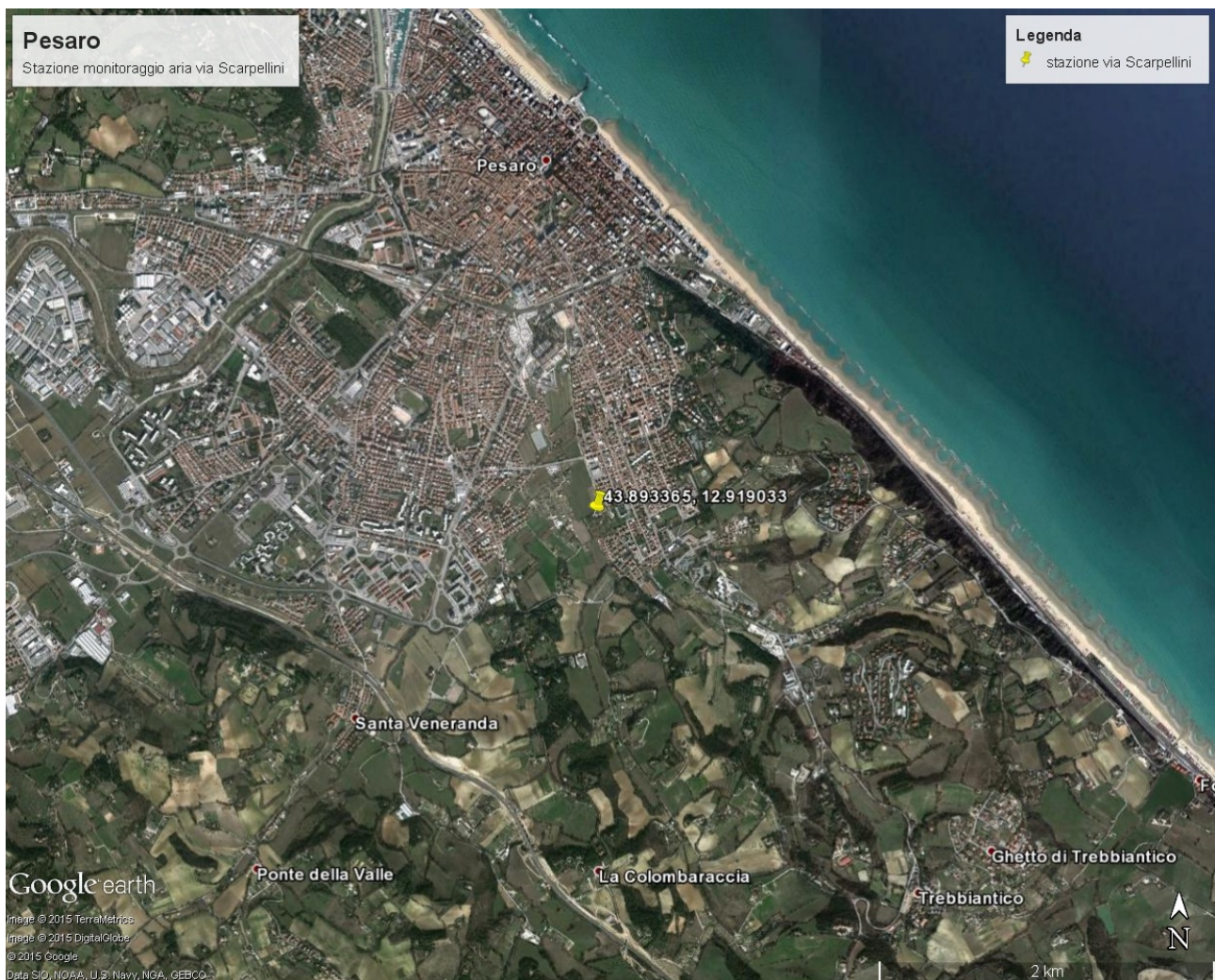
- | | |
|-------------------------|--|
| Effetti a lungo termine | <ul style="list-style-type: none">- riduzione della media annuale del PM_{2,5} di 5 µg/m³- riduzione della media annuale del PM_{2,5} ai livelli consigliati dalla WHO (10 µg/m³) |
| Effetti a breve termine | <ul style="list-style-type: none">- riduzione della media annuale del PM₁₀ di 5 µg/m³- riduzione della media annuale del PM₁₀ ai livelli consigliati dalla WHO (20 µg/m³) |

2. MATERIALI E METODI

2.1. DATI AMBIENTALI

I dati ambientali sulle concentrazioni delle polveri rilevati presso la stazione di monitoraggio in via Scarpellini (Lat. 43.893365° – Long. 12.919033°) sono stati ottenuti dal Sistema di qualità dell'aria dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche (ARPAM) (6).

Figura 2. Posizionamento della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Pesaro via Scarpellini



Nel rispetto delle indicazioni del D. Lgs. n. 155/2010 è stata scelta la stazione classificata come "background urbano", in quanto più rappresentativa dell'esposizione della popolazione residenziale di Pesaro.

Nello studio l'unico parametro ambientale preso in considerazione è quello del particolato atmosferico, in quanto il parametro ozono è risultato costantemente inferiore ai

valori previsti dalla normativa nazionale, e comunque di minore attenzione dal punto vista sanitario per gli eventi rilevati.

Tutte le serie dei dati considerati nei tre anni in studio hanno superato il criterio di accettabilità di completezza per almeno il 75% previsto dalla normativa suddetta.

Si riportano nella Tabella 1 i valori obiettivo di qualità proposti dalla WHO (7) e dalla normativa nazionale (ed europea) (8) per la protezione della salute umana.

Tabella 1. Linee guida qualità dell'aria per il particolato – WHO, aggiornamento globale 2005 (7) e normativa italiana (8)

Contaminante	Valori linea guida WHO	Valore linea guida Italia (D. Lgs. 155/2010)
PM _{2,5}	10 µg/m ³ media annua	25 µg/m ³ media annua ¹
	25 µg/m ³ media 24-ore	
PM ₁₀	20 µg/m ³ media annua	40 µg/m ³ media annua
	50 µg/m ³ media 24-ore	50 µg/m ³ media 24-ore ²

Note: ¹ in vigore dal 1 gennaio 2015;

² da non superare per più di 35 volte all'anno

2.2. POPOLAZIONE IN STUDIO

I dati della popolazione residente a Pesaro, per genere e classe di età nel periodo 2009-2011 (Tabella 2) sono stati ricavati dalle tavole demografiche di popolazione dell'ISTAT (9).

Tabella 2. Popolazione residente a Pesaro (cumulativa nei 3 anni 2009-2011)

Classi di età	Popolazione
30-34	17.954
35-39	22.256
40-44	23.806
45-49	22.893
50-54	19.437
55-59	17.321
60-64	18.834
65-79	16.721
70-74	16.449
75-79	13.211
80-84	10.210
85+	6.543
15-64	180.978
65+	65.932
Tutte le età	283.605

2.3. DATI SANITARI

L'insieme dei dati utilizzati deriva dalle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) fornite dall'Agenzia Regionale Sanitaria della Regione Marche per il periodo che va dal 2009 al 2011 e dall'archivio ISTAT delle cause di morte messo a disposizione dalla P.F. Sistemi Statistici e di controllo di gestione della Giunta della Regione Marche nell'ambito del macroprogramma (aggiornamento ottobre 2014) del Programma Statistico Nazionale "Elaborazioni su dati di mortalità, ricovero e esiti dei concepimenti per finalità di supporto alla programmazione regionale e locale" (PSN MAR-0006).

I dati sanitari in forma aggregata ed anonima sono stati estratti dall'Atlante Epidemiologico Ambientale (Edizione 9 - v. 0/2014) prodotto dall'Osservatorio Epidemiologico Ambientale della regione Marche / Servizio di Epidemiologia Ambientale del Dipartimento Provinciale ARPAM di Ancona.

Per le valutazioni dello studio, sia per la stima degli effetti long term che short term, sono state utilizzate le cause di morte riportate nella Tabella 3. Nella stessa tabella sono riportati gli eventi sanitari osservati negli anni 2009-2011 tra i residenti di Pesaro, definiti con le codifiche internazionali ICD10 per le cause di morte e ICD9 per le cause di ricovero ospedaliero.

Tabella 3. Eventi sanitari a Pesaro per classi di età ed anno in studio

Codici ICD	Descrizione causa	Classi quinquennali di età studiate	Osservati 2009	Osservati 2010	Osservati 2011
Long term (PM_{2,5})					
A00-Y99	Mortalità per tutte le cause	30-85+ anni	944	936	943
I00-I99	Mortalità cardiovascolare	30-85+ anni	377	386	363
Short term (PM₁₀)					
A00-R99	Mortalità per tutte le cause non violente	Tutte le età	928	909	917
390-429	Ricoveri ospedalieri per cause cardiache	Tutte le età	1.361	1.635	1.549
460-519	Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie	Tutte le età	1.100	1.118	1.063
460-519	Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie	16-64 anni	351	313	338
460-519	Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie	65+	525	564	547

Il calcolo degli eventi attribuibili è stato effettuato sulla base delle funzioni di rischio tratte dalla letteratura scientifica internazionale e rappresenta il numero di eventi sanitari associati all'esposizione della popolazione ad incrementi di PM di 10 µg/m³.

Nella Tabella 4 sono riportate le funzioni di rischio utilizzate nel presente studio con i relativi intervalli di confidenza al 95%.

Tabella 4. Funzioni di rischio per esposizione ad incrementi di 10 µg/m³ a PM

Contaminante	Evento sanitario	RR (IC 95%)	Ref.
PM ₁₀	Mortalità per tutte le cause non violente	1,006 (1,004-1,008)	WHO, 2004 (10)
	Ricoveri ospedalieri per cause cardiache	1,006 (1,003-1,009)	Atkinson et al, 2005 (11)
	Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie	1,0114 (1,0062-1,0167)	Atkinson et al, 2005 (11)
PM _{2,5}	Mortalità per tutte le cause	1,06 (1,02-1,11)	Pope et al, 2002 (12)
	Mortalità cardiovascolare	1,12 (1,08-1,15)	Pope et al, 2004 (13)

2.4. METODO PER LA VALUTAZIONE DI HEALTH IMPACT ASSESSMENT (HIA)

Le valutazioni Health Impact Assessment sono state effettuate utilizzando i tools di calcolo forniti dal progetto Aphekom (Work Package 5) (1).

La descrizione della metodologia del calcolo, delle funzioni di impatto sanitario e la metodologia per le valutazioni economiche è riportata nell'ALLEGATO 1 al presente lavoro.

3. RISULTATI

Mediante la centralina di monitoraggio di Pesaro in via Scarpellini negli anni 2009, 2010 e 2011, si sono ottenuti i dati ambientali dalle quali si sono ricavate le elaborazioni statistiche riportate nella Tabella 5.

Tabella 5. Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria: Pesaro via Scarpellini. Livelli medi giornalieri della concentrazione dell'ozono, del PM₁₀ e del PM_{2,5}

Contaminante	Medie delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Deviazione standard ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 th percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95 th percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ozono (max media 8 ore)	73	32	13	117
PM ₁₀ (media 24h)	32	13	15	56
PM _{2,5} (media 24h)	19	12	7	42

I limiti previsti dalla normativa italiana sulla concentrazione degli inquinanti, non sono mai stati superati nei tre anni di valutazione.

La mortalità evitabile a **breve termine** per esposizioni a PM₁₀ è quantificabile, nello scenario di riduzione di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della concentrazione atmosferica media (scenario 1), in 2,7 decessi all'anno, pari a 2,90 per 100.000 residenti all'anno, che corrisponde ad un risparmio economico riferito al valore degli anni di vita (VOLY) di 237.428,50 euro.

Lo stesso evento nello scenario di rispetto delle indicazioni del WHO (scenario 2), pari alla riduzione della concentrazione media annua a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, è di 6,5 decessi all'anno, pari a 6,90 per 100.000 residenti, con un risparmio economico ipotizzabile di 565.205,92 euro.

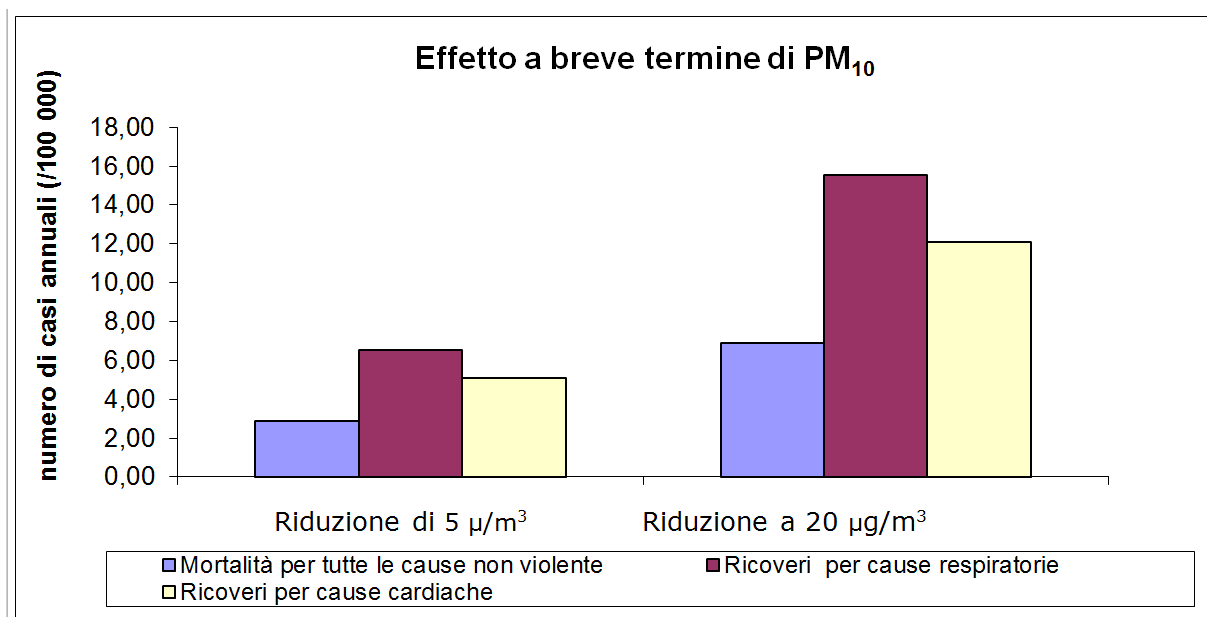
I benefici sulla ospedalizzazione per i ricoveri per cause respiratorie nei due scenari è rispettivamente di 6,4 e 14,7 eventi (6,54 per 100.000 e 15,54 per 100.000), con risparmi di 23.735,43 e 56.398,51 euro. Sulle ospedalizzazioni per le cause cardiache i risparmi sono di 4,8 e 11,4 eventi (5,07 per 100.000 e 12,07 per 100.000) con minori spese, rispettivamente, di 21.143,87 e 50.333,63 euro.

Gli eventi evitabili per gli effetti a breve termine del PM₁₀ sono indicati nella Tabella 6 e riassunti nella Figura 3.

Tabella 6. Eventi sanitari a breve termine evitabili a Pesaro negli anni 2009-2011 per riduzione dell'esposizione al PM₁₀ atmosferico

Scenari PM ₁₀	Mortalità per cause non violente		Ricoveri per cause respiratorie		Ricoveri per cause cardiache	
	n. annuale di casi evitabili	n. annuale di casi evitabili per 100.000	n. annuale di casi evitabili	n. annuale di casi evitabili per 100.000	n. annuale di casi evitabili	n. annuale di casi evitabili per 100.000
Riduzione di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,7	2,9	6,2	6,54	4,8	5,07
Riduzione a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,5	6,90	14,7	15,54	11,4	12,07

Figura 3. Eventi sanitari a breve termine evitabili a Pesaro negli anni 2009-2011 per riduzione dell'esposizione al Pm₁₀ atmosferico



La mortalità evitabile quale **effetto a lungo termine** per esposizioni a PM_{2,5} è quantificabile, per lo scenario di riduzione di 5 µg/m³ della concentrazione atmosferica media, in 27,0 decessi all'anno, pari a 39,4 per 100.000 residenti all'anno. A livello di valutazione monetaria il guadagno risulterebbe pari a 44.718.105,83 euro. In questo scenario il guadagno nell'aspettativa di vita a 30 anni è di 2,90 mesi, pari ad un guadagno globale nella stessa popolazione di 289,6 anni, con un risparmio stimato di 25.082.772,52 euro. Lo stesso evento nel secondo scenario afferente il rispetto delle indicazioni del WHO, pari alla riduzione della concentrazione media annua a 10 µg/m³, è di 46,9 decessi all'anno, pari a 68,4 per 100.000 residenti, con un risparmio di 77.572.319,18 euro. In questo scenario il guadagno globale nell'aspettativa di vita a 30 anni è di 5,11 mesi, pari ad un guadagno globale nella stessa popolazione di 509,6 anni ed economicamente quantificabile in 44.135.263,00 euro (Figura 4).

I benefici sulla mortalità per cause cardiovascolari nei due scenari risultano pari a 20,7 e 35,5 eventi (30,2 per 100.000 e 51,8 per 100.000, rispettivamente) con potenziali risparmi economici, nei due rispettivi scenari, di 34.219.888,01 e 58.760.421,51 euro.

Gli eventi evitabili per gli effetti a lungo termine del PM_{2,5} sono riassunti nella Tabella 7 e nella Figura 5 seguenti.

Tabella 7. Eventi sanitari a lungo termine evitabili a Pesaro negli anni 2009-2011 per riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} atmosferico

Scenari PM _{2,5}	Mortalità per cause		Mortalità per cause cardiovascolari		Vita guadagnata a 30 anni	
	n. annuale di casi evitabili	n. annuale di casi evitabili per 100.000	n. annuale di casi evitabili	n. annuale di casi evitabili per 100.000	n. mesi guadagnati	n. anni di vita guadagnati dai trentenni
Riduzione di 5 µg/m ³	27,0	39,4	20,7	30,2	2,9	289,6
Riduzione a 10 µg/m ³	46,9	68,4	35,5	51,8	5,1	509,6

Figura 4. Guadagno nell'aspettativa di vita dei trentenni residenti a Pesaro per la riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} atmosferico

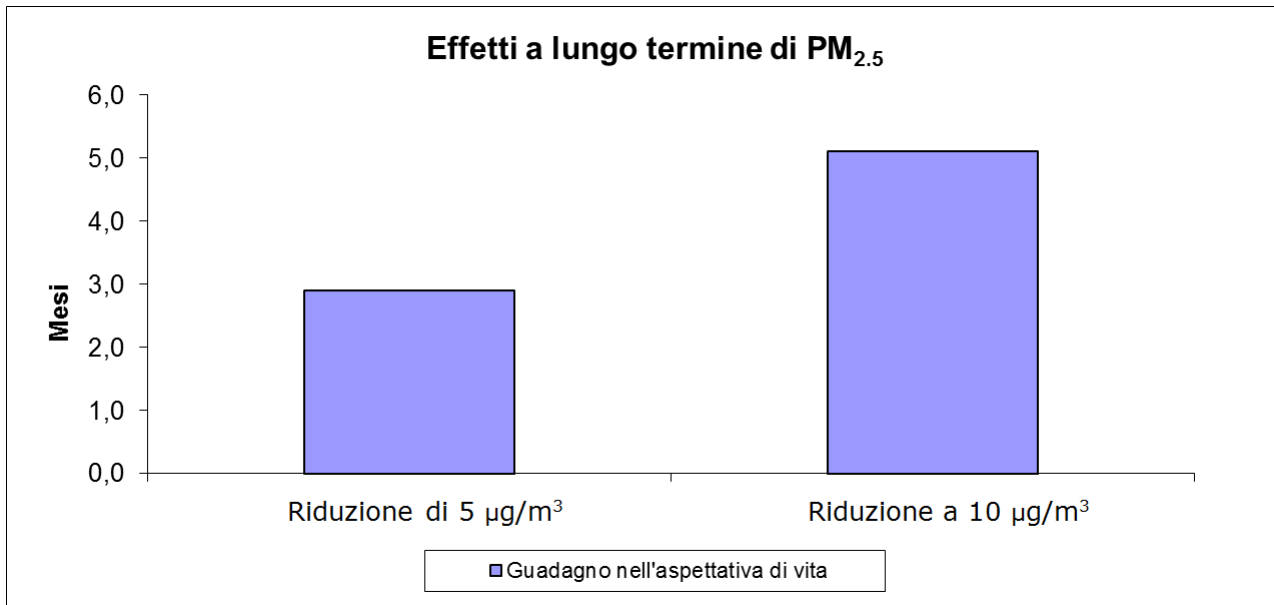
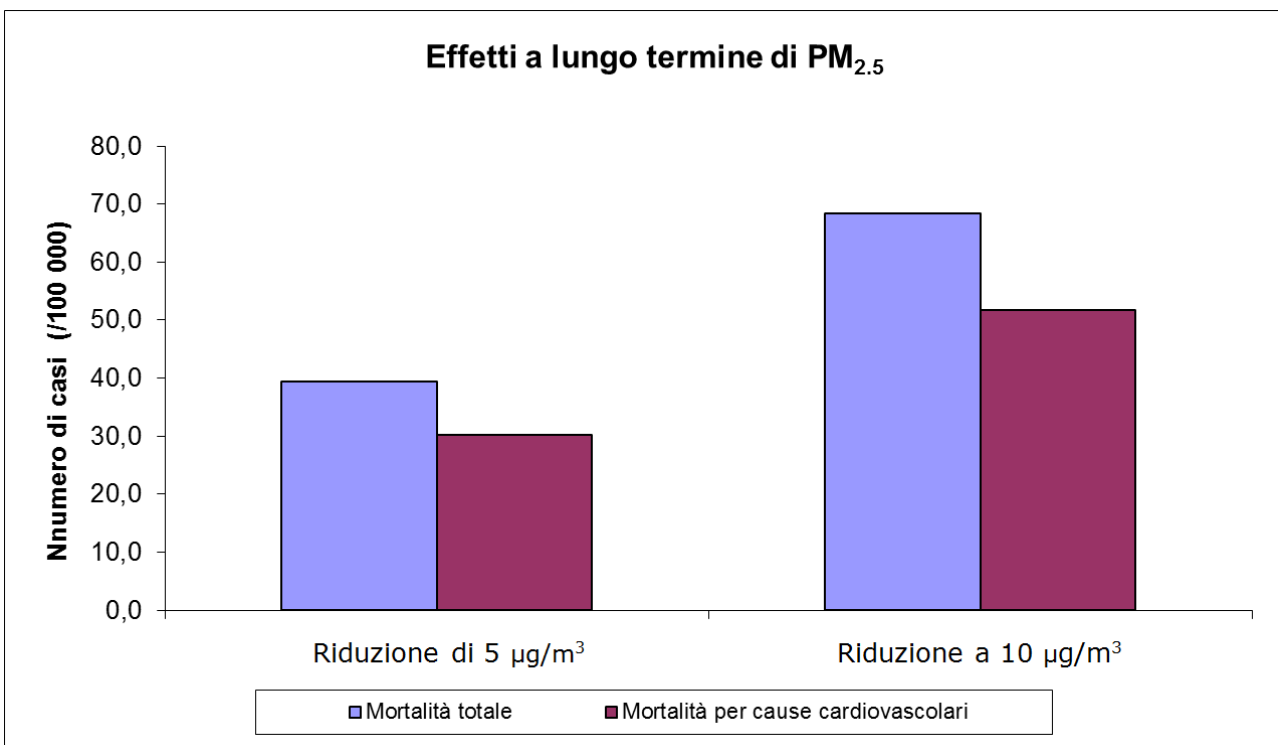


Figura 5. Eventi sanitari a lungo termine evitabili a Pesaro negli anni 2009-2011 per riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} atmosferico



4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Gli studi di HIA tendono a fare valutazioni retrospettive o prospettive degli impatti sanitari diretti o indiretti di un fattore nocivo su una popolazione esposta. Esiste una intrinseca difficoltà nella comunicazione dei risultati di queste valutazioni, sia per la difficile conferma sperimentale dei risultati (es. verifica a posteriori) che per le numerose incertezze insite nel processo di valutazione.

Come in tutti gli studi in cui ci si serve di stime e misurazioni, i risultati sono infatti sottoposti ad incertezze, quali:

1. l'incertezza nella misura dell'esposizione:
 - a) la rappresentatività della stazioni di monitoraggio per l'esposizione dell'intera popolazione, che non tengono in considerazione le variazioni di concentrazione di inquinanti nelle varie zone della città;
 - b) la correttezza delle misurazioni dal punto di vista analitico;
 - c) la composizione eterogenea del particolato con diversa tossicità e la presenza nel particolato di componenti naturali (es. polveri sahariane, sale marino);
 - d) il possibile effetto additivo o moltiplicativo di altri contaminanti non studiati;
2. l'incertezza nella misura degli outcome sanitari (es. misclassificazione delle cause di morte o di ospedalizzazione, variabilità e imprecisione nella valutazione economica, presenza di particolari gruppi più sensibili di popolazione). Si deve inoltre considerare la sottostima di alcuni eventi sanitari a causa delle persone che, per attività lavorativa o ricreativa, passano la maggior parte del loro tempo nella città di Pesaro ma che sono residenti nei comuni limitrofi (e quindi i cui eventi sanitari sono attribuiti a questi comuni);
3. l'incertezza nelle funzioni di rischio (considerazione della stima puntuale e non dell'intero intervallo di confidenza, possibile diversità della popolazione su cui sono stati effettuati gli studi, eterogeneità dell'esposizione e dei fattori di confondimento).

Nonostante lo studio includa le suddette fonti di incertezza, i risultati sottolineano un importante contributo degli inquinanti PM₁₀ e PM_{2,5} sulla mortalità e sugli altri eventi sanitari. Si evidenzia quindi come il realizzarsi di entrambi gli scenari proposti potrebbe avere un sostanziale effetto benefico, specialmente se si va a considerare l'effetto che le polveri sottili possono sviluppare in associazione ad altri inquinanti atmosferici qui non considerati, come l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto e l'ozono a livello del suolo.

In conclusione, nella realtà di Pesaro, pur esistendo condizioni di contaminazione ambientale non particolarmente critiche (almeno in confronto, ad esempio, a molte città della pianura padana), ci sono indicazioni, sia dal punto di vista del beneficio ottenibile in termini di salute ma anche di risparmi di risorse economiche, per porre l'attenzione sulla necessità di politiche di miglioramento ambientale.

ALLEGATO - METODOLOGIA DI CALCOLO

1. Le funzioni di impatto sanitario

Per i differenti eventi, la funzione di impatto sanitario è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta y = y_0 * (1 - e^{-\beta \Delta x})$$

Dove:

Δy è il risultato dell'HIA inteso come decremento nel numero degli eventi sanitari;

y_0 è la linea di base dei dati sanitari;

Δx è il decremento delle concentrazioni dei contaminanti definite nei diversi scenari;

β è la funzione di rischio legata alla concentrazione;

RR per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 = \exp(10 * \beta)$.

I risultati sono poi aggiustati per il numero di anni N per rendere una stima annuale.

$$\Delta y_{\text{scenario outcome annuale}} = \frac{\Delta y_{\text{scenario outcome}}}{N}$$

I risultati sono infine aggiustati per la popolazione al fine di ottenere la stima annuale per 100.000

$$\Delta y_{\text{scenario outcome popolazione annuale}} = \frac{\Delta y_{\text{scenario outcome annuale}}}{pop}$$

Il metodo di calcolo del Δx è differente per i diversi contaminanti.

2. Impatto a breve termine per il PM₁₀

Il Δx è calcolato sulle medie annuali. Solo gli anni con meno del 25% di valori mancanti vengono utilizzati per la rilevazione dei dati ambientali (Δx) e i dati sanitari (y_0).

Due sono gli scenari considerati:

- Scenario 1, dove la media annuale del PM₁₀ è ridotta di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In questo caso,
 $\Delta x = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Scenario 2, dove la media annuale del PM₁₀ è ridotta a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In questo caso,
 $\Delta x = ([\text{PM}_{10}]_{\text{medio}} - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3)$
 $\Delta x = 0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se $[\text{PM}_{10}]_{\text{medio}} \leq 20$

3. Calcolo della perdita di aspettativa di vita

La metodologia di calcolo proposta nel tool Aphekom e utilizzata nel lavoro è la seguente:

Il periodo di vita attesa è calcolata usando standard attuariali con tavole per gruppi quinquennali di età.

Y è il numero degli anni considerati; nello studio 3

x è l'età di partenza in ogni gruppo

n è la durata dell'intervallo di ciascun gruppo di età

n_{ax} è il numero medio di anni vissuti da chi è morto durante l'intervallo ed è stimato con $n/2$

${}_nN_x$ è la popolazione in ogni gruppo di età

${}_nD_x$ è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2009, 2010 and 2011

${}_nM_x$ è il tasso di mortalità per ciascun gruppo di età calcolato come:

$${}_nM_x = \frac{{}_nD_x}{{}_nN_x * Y}$$

${}_nq_x$ è la probabilità di morire nel gruppo stimato come:

$${}_nq_x = \frac{n * {}_nD_x}{1 + (n - n_{ax}) * {}_nN_x}$$

L'ultimo gruppo di età è rappresentato da un gruppo aperto e pertanto: ${}_nq_x=1$; ovvero la probabilità di morire è certa.

l_x è il numero delle persone vive nel gruppo.

Se ad esempio si considera un'ipotetica coorte di 100.000 persone vive all'età di 30 anni, il numero delle persone vive negli altri gruppi di età si calcola come:

$$l_{x+n} = l_x * (1 - {}_nq_x)$$

${}_nd_x$ è il numero delle persone morte nel gruppo di età ed è calcolato come:

$${}_nd_x = l_x * {}_nq_x$$

${}_nL_x$ è il numero degli anni vissuti per persona in ogni gruppo di età, calcolato come:

$${}_nL_x = n * l_{x+n} + n_{ax} * {}_nd_x$$

Per l'ultimo gruppo di età:

$${}_nL_x = \frac{l_x}{{}_nM_x}$$

T_x è il numero per anno di persone ipoteticamente in vita dopo aver raggiunto l'anno x ed è calcolato ripetitivamente a partire da ${}_nL_x$:

$$T_x = T_{x+n} + {}_nL_x$$

E_x è l'aspettativa di vita all'età x calcolata come:

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

La tabella degli eventi attribuibili é calcolata usando lo stesso metodo, ad eccezione di nD_x che è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2009, 2010, 2011.

$$nD_x^{\text{attribuibili}} = nD_x * e^{-\Delta x * \beta}$$

Δx é la diminuzione della concentrazione prevista dallo scenario

β è la funzione di rischio legata alla concentrazione.

RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3 = \exp(10 * \beta)$

Per il $\text{PM}_{2,5}$ sono considerati i due scenari

- scenario 1, dove la media annuale del $\text{PM}_{2,5}$ è ridotta di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In questo caso, $\Delta x = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- scenario 2, dove la media annuale del $\text{PM}_{2,5}$ è ridotta a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore guida WHO).

In tal caso,

$$\Delta x = ([\text{PM}_{2,5}]_{\text{media}} - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$\Delta x = 0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ se } [\text{PM}_{2,5}]_{\text{media}} < 10.$$

I risultati finali sono espressi come riduzione del numero annuale di decessi per 100.000.

Per la mortalità totale i risultati sono anche espressi come guadagno in aspettativa di vita.

4. Valutazioni economiche

Al fine di rendere più comprensibili gli impatti dell'inquinamento atmosferico e di favorire la realizzazione di politiche ambientali più rispettose della salute pubblica a livello internazionale sono state individuate delle linee guida per la valutazione monetaria degli impatti. Questa valutazione dà indicazioni non solo sui costi sostenuti dalla collettività per l'inquinamento in atto ma anche sui possibili guadagni (risparmi) che si potrebbero ottenere con efficaci politiche di mitigazione.

Per questo aspetto si è scelto di seguire la procedura di valutazione standard adottata nel progetto europeo Aphekom (11) per l'evento decesso, che consiste nell'uso di un valore economico della "vita statistica" (VSL) e un valore dell'anno di vita (VOLY) derivato da specifici sondaggi, quindi, basandosi su valori legati alla soggettività, piuttosto che ad analisi di mercato. Le valorizzazioni utilizzate nel progetto sono riferite all'anno 2005 che si è ritenuto di utilizzare in mancanza di dati più aggiornati.

Le valutazioni comprendono i costi diretti (spese mediche, spese sociali e di sostegno, trasporti, adattamento abitazione, ecc.), indiretti (mancata produzione del reddito propria o dei familiari, ecc.) e dei costi "intangibili" (sofferenza dei familiari, pena, perdita di qualità della vita, ecc.).

Tabella 8. Valutazione economica dell'evento morte precoce

	Mortalità per esposizione long term (€)	Mortalità per esposizione long term e short term (€)
	VSL	VOLY
Stima inferiore	1.090.000	40.000
Centrale	1.655.000	86.600
Stima superiore	2.220.000	133.200

Per valutare i ricoveri ospedalieri sono applicati costi standard specifici per ogni singola malattia che includono costi diretti medici e costi indiretti. I costi sanitari sono calcolati per giorno di degenza per le giornate medie di ricovero. La degenza media in giorni è ricavata dal database OECD Health (2010) riferito a 11 paesi.

Tabella 9. Degenza media, costi giornalieri per ospedalizzazione, giorni di lavoro persi e costi complessivi.

Paese	Lunghezza media degenza in giorni ^(a)		Costo medio per giorno (€ 2005)		Spesa totale per l'ospedalizzazione (€ 2005)	
	Sistema circolatorio	Sistema respiratorio	Ospedalizzazione tutte le cause ^(b)	Giornate lavorative perse ^(c)	Sistema circolatorio	Sistema respiratorio
Austria	8,2	6,6	319	83	3.977	3.201
Belgio	9,2	8,8	351	98	5.032	4.814
Francia	7,1	7,1	366	83	3.777	3.777
Grecia	7,0	5,0	389	48	3.395	2.425
Ungheria	7,4	6,5	59	18	703	618
Irlanda	10,5	6,9	349	81	5.366	3.526
Italia	7,7	8,0	379	62	3.873	4.024
Romania	8,5(d)	7,4(d)	57	6	587	511
Slovenia	8,6	7,3	240	34	2.649	2.248
Spagna	8,5	7,4	321	55	3.664	3.189
Svezia	6,0	5,2	427	92	3.666	3.177
Gran Bretagna	11,4	8,0	581	116	9.268	6.504
media (d)	8,5	7,4	373	73	4.411	3.840

Fonti: (a) OECD Health Data (2010); (b) CEC (2008), annex 7, cost/bed/day corr; (c) Eurostat (2003); (d) population-weighted average, 2005 population data from OECD Health Data (2010).

I costi indiretti sono calcolati come la perdita lorda media di giornate lavorative moltiplicata per un numero di giornate doppie rispetto alla degenza media in ospedale. Dal momento che si possono rilevare i giorni effettivi di lavoro, si calcola la perdita quotidiana di produzione come retribuzione media lorda nell'industria e nei servizi (piena occupazione) fornita da Eurostat (2003) espressa nel 2005 e divisa per 365 giorni.

Le spese mediche totali per i ricoveri per cause cardiache e respiratorie sono calcolate sommando entrambe le componenti dirette e indirette.

Per la metodologia e la motivazione dettagliata delle scelte si rimanda alle specifiche linee guida elaborate nello studio Aphekom.

BIBLIOGRAFIA

1. Pascal M, Corso M, Ung A, Declercq C, Medina S. <http://www.aphekom.org>. [Online].; 2011 [cited 2015 8 24. Available from: http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=4f388abf-61e5-415d-ae22-e437a4e25937&groupId=10347.
2. EEA. <http://www.eea.europa.eu>. [Online].; 2014 [cited 2015 8 24. Available from: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>.
3. WHO. Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012 - Summary of results. [Online].; 2014 [cited 2015 8 24. Available from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf.
4. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani Hea. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*. 2012 Dicembre; 380(9859): p. 2224-60.
5. SEA A. Impatto delle polveri sottili ad Ancona negli anni 2009-2011. Valutazione dei possibili guadagni dalle politiche di miglioramento ambientale. [Online].; 2015 [cited 2015 8 24. Available from: http://www.arpa.marche.it/images/epidemiologia/2015_esp/2015_04_ancona/2015_04_ancona.pdf.
6. R.R.Q.A. A. www.arpa.marche.it. [Online].; 2015 [cited 2015 8 24. Available from: <http://94.88.42.232:16382/Charts.aspx>.
7. WHO. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. In ; 2005: World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
8. Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n1. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. [Online].; 2015 [cited 2015 8 26. Available from: <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/10155dl.htm>.
9. ISTAT. <http://demo.istat.it>. [Online].; 2015 [cited 2018 8 24. Available from: <http://demo.istat.it/pop2007/index.html>.
10. Anderson H, Atkinson R, Peacock J, Marston L, Konstantinou K. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O3). Report of a WHO task group. , WHO Regional Office for Europe. ; 2014.
11. Atkinson R, Anderson H, Medina S, Iñiguez C, Forsberg B, Segerstedt B, et al. Analysis of all-age respiratory hospital admissions and particulate air pollution within the Apehis programme. Third-year Report, (Anonymous). In APHEIS Air Pollution and Information System. Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strat. ; 2005.
12. Pope C, Burnett R, Thun MCE, Krewski D, Ito K, al. e. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*. 2002; 287: p. 1132-1141.
13. Pope C, Burnett R, Thurston G, Thun M, Calle E, Krewski D, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. 2004; (109): p. 71-77.
14. <http://www.mfe.govt.nz/>. [Online].; 2014 [cited 2015 8 26. Available from: <http://www.mfe.govt.nz/more/environmental-reporting/air/air-domain-report-2014/why-good-air-quality-important>.