



Dipartimento di Ancona  
Servizio Epidemiologia Ambientale

2010

## Valutazione di impatto sanitario del $PM_{10}$ e dell' $O_3$ in 16 comuni della regione Marche nel 2007 e nel 2008



Mauro Rocchetti, Elena Martinelli, Mauro

Mariottini

ARPAM

20/02/2010

# Valutazione di impatto sanitario del PM<sub>10</sub> e dell'O<sub>3</sub> in 16 comuni della regione Marche nel 2007 e nel 2008

- Ancona, 20 febbraio 2010 -

*A cura di Mauro Rocchetti, Elena Martinelli e Mauro Mariottini*

## SOMMARIO

INDICE TABELLE .....	2
INTRODUZIONE.....	3
MATERIALI E METODI.....	4
RISULTATI.....	11
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI .....	22
BIBLIOGRAFIA .....	25

## INDICE TABELLE

Tabella 1. Popolazione residente a metà anno (2007 - 2008) nei 16 comuni indagati .....	5
Tabella 2. Decessi e ricoveri ospedalieri utilizzati nel calcolo degli eventi attribuiti all'inquinamento atmosferico nel 2007.....	6
Tabella 3. Decessi e ricoveri ospedalieri utilizzati nel calcolo degli eventi attribuiti all'inquinamento atmosferico nel 2008.....	7
Tabella 4. Rischi relativi (RR) ed intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) utilizzati per il calcolo del numero degli eventi in eccesso attribuibili ad esposizioni acute all'inquinamento atmosferico (PM <sub>10</sub> ed ozono).....	9
Tabella 5. Rischi relativi (RR) ed intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) utilizzati per il calcolo del numero degli eventi in eccesso attribuibili ad esposizioni croniche all'inquinamento atmosferico (PM <sub>2,5</sub> ).....	10
Tabella 6. Medie annuali ± deviazioni standard (DS) delle concentrazioni giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) delle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ), 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) e dell'ozono (O <sub>3</sub> ) registrate nel 2007 nei 16 comuni indagati.....	11
Tabella 7. Medie annuali ± deviazioni standard (DS), delle concentrazioni giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) delle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ), 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) e dell'ozono (O <sub>3</sub> ) registrate nel 2008 nei 16 comuni indagati.....	12
Tabella 8. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ) in concentrazioni superiori a 50 µg/m <sup>3</sup> ed all'ozono (O <sub>3</sub> ) in concentrazioni superiori a 120 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.....	13
Tabella 9. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ) in concentrazioni superiori a 50 µg/m <sup>3</sup> ed all'ozono (O <sub>3</sub> ) in concentrazioni superiori a 120 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.....	13
Tabella 10. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> ed all'ozono (O <sub>3</sub> ) in concentrazioni superiori a 70 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.....	15
Tabella 11. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>10</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> ed all'ozono (O <sub>3</sub> ) in concentrazioni superiori a 70 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.....	16
Tabella 12. Anni di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.....	17
Tabella 13. Anni di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.....	18
Tabella 14. Anni totali di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.....	19
Tabella 15. Anni totali di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM <sub>2,5</sub> ) in concentrazioni superiori a 10 µg/m <sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.....	20

## INTRODUZIONE

L'evidenza scientifica sugli effetti avversi per la salute umana imputabile all'inquinamento atmosferico ambientale è cresciuta considerevolmente negli ultimi decenni, includendo ad oggi numerosi studi epidemiologici, clinici e tossicologici. In particolare questi ultimi hanno fornito informazioni significative sugli effetti specifici degli inquinanti e sui possibili meccanismi di azione. Su questa base la ricerca epidemiologica ha sistematicamente documentato un ampio spettro di effetti avversi per la salute umana per esposizioni, sia acute che croniche, a livelli cui sono sottoposte molte popolazioni urbane in ogni parte del mondo <sup>(1)</sup>.

In una recente pubblicazione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) <sup>(2)</sup> è stato riportato che "... circa il 3% della mortalità per cause cardiopolmonari, circa il 5% della mortalità per tumore della trachea, dei bronchi e dei polmoni, e circa l'1% della mortalità per infezioni respiratorie acute nei bambini sotto i cinque anni sono attribuibili ad inquinamento atmosferico, ... che equivale a circa 0,8 milioni (1,2%) di morti premature nel mondo".

In ambito europeo nel 1996 è partito un progetto intitolato "Air Pollution and Health: a European Approach (APHEA)" <sup>(3)</sup> con gli obiettivi di stimare quantitativamente le relazioni tra fluttuazioni giornaliere di inquinamento atmosferico con mortalità e ricoveri ospedalieri, quindi sviluppare e standardizzare una metodologia per l'indagine degli effetti relativi ad esposizioni acute nelle indagini epidemiologiche di serie storiche, selezionare e sviluppare un approccio di meta-analisi per gli studi epidemiologici di serie storiche, ed istituire un database europeo di inquinamento atmosferico ed indicatori sanitari.

Nella regione Marche indagini epidemiologiche finalizzate a rapportare la contaminazione ambientale con una stima degli eventi sanitari attribuibili sono state svolte in passato da questo Servizio di Epidemiologia Ambientale dell'ARPAM. In particolare è stata valutata nel 2003 la correlazione tra i livelli di PM<sub>10</sub> misurati in atmosfera ed il verificarsi di eventi di mortalità e morbosità riconducibili alla contaminazione presente nei comuni di Ancona, Falconara Marittima, Montemarciano, Senigallia, Fano, Pesaro e San Benedetto del Tronto <sup>(4)</sup>, a cui ha fatto seguito la "Valutazione di impatto sanitario del PM<sub>10</sub> e dell'O<sub>3</sub> in 12 comuni della regione Marche nel 2006" <sup>(5)</sup> in cui è stata messa in relazione la contaminazione di queste due classi di inquinanti presente nei comuni di Ancona, Chiaravalle, Fabriano, Falconara Marittima, Montemarciano, Senigallia, Civitanova Marche, Macerata, Fano, Pesaro, Ascoli Piceno e San Benedetto del Tronto con una stima degli eventi sanitari a queste attribuibili.

Nel presente studio si è stimata, tramite l'utilizzo di un software (AIRQ) prodotto e distribuito dall'OMS <sup>(6)</sup>, la correlazione tra il verificarsi di eventi sanitari (mortalità e numero di ricoveri ospedalieri) e l'esposizione all'inquinamento atmosferico in 16 comuni appartenenti alle 5 province della regione Marche negli anni 2007 e 2008. Sono stati considerati solo i due parametri ambientali polveri (PM) ed ozono. Le prime sono ritenute in grado di rappresentare, con buona approssimazione, il complesso insieme di particelle di origine sia naturale che antropica presenti in atmosfera; l'ozono è considerato un contaminante non correlato con il PM e per ciò con probabile effetto additivo <sup>(1)</sup>.

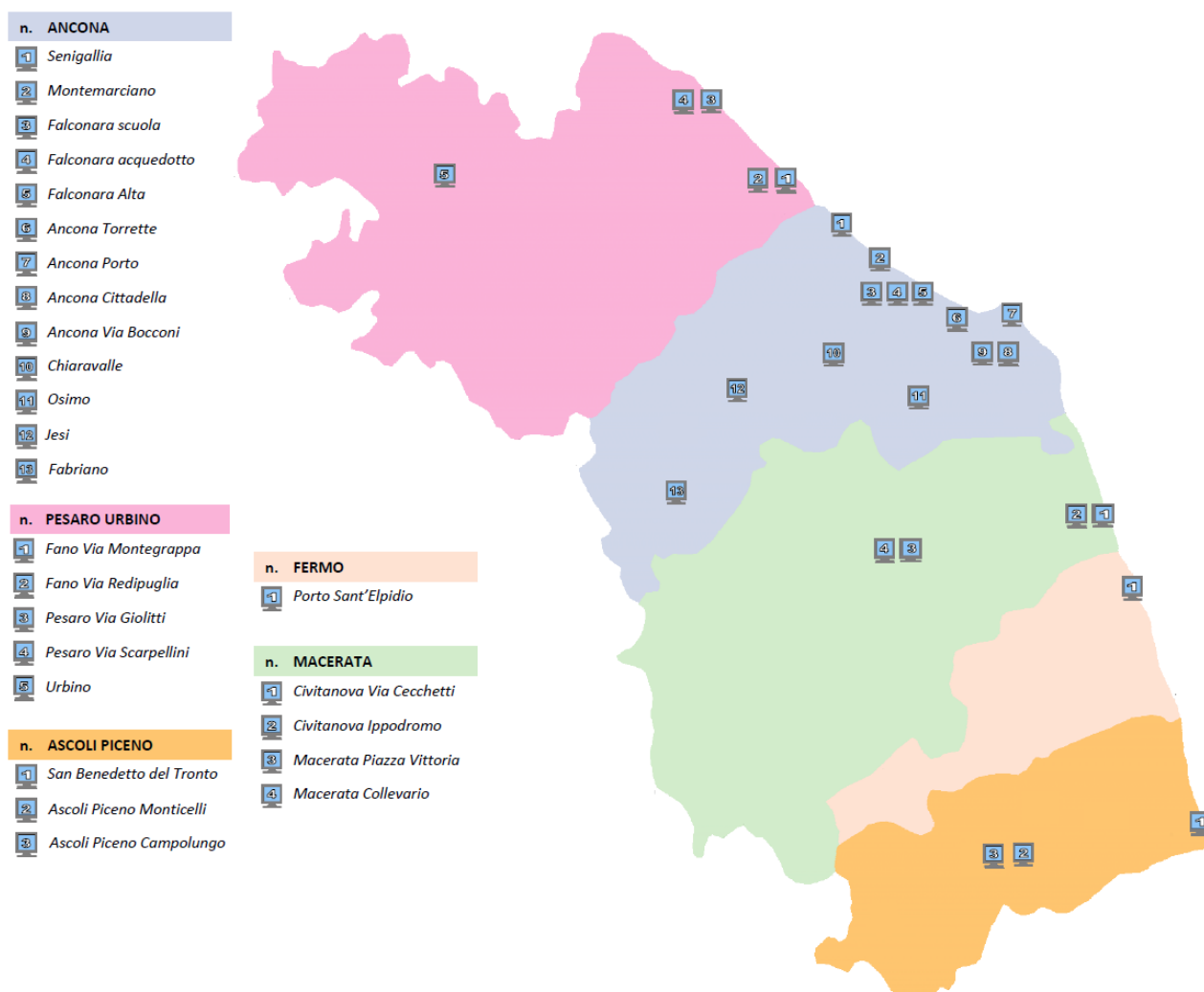
Naturalmente questa misura di effetto rappresenta solo una stima del fenomeno, cui si aggiungono ulteriori fattori di incertezza quali la mancanza di dati di mortalità recenti e l'utilizzo prevalente di centraline "da traffico" per rappresentare la contaminazione dell'intera area comunale. Rimane comunque un utile e scientificamente accettato strumento per valutare l'andamento della mortalità e morbosità attribuibile all'inquinamento atmosferico nel tempo.

L'obiettivo di questo studio è di valutare l'impatto sanitario riferibile alle quote di PM ed ozono riconducibili all'attività antropica e dare continuità ai precedenti studi svolti in passato da questo Servizio.

## MATERIALI E METODI

Nello studio sono stati presi in considerazione 16 comuni della Regione, scelti sulla base della loro relativa importanza a livello demografico e per la presenza di un sistema di monitoraggio della qualità dell'aria urbana. Per la provincia di Ancona sono stati selezionati i comuni di Ancona, Chiaravalle, Fabriano, Falconara Marittima, Jesi, Montemarciano, Osimo e Senigallia; Fano, Pesaro e Urbino, per la provincia di Pesaro-Urbino; Civitanova Marche e Macerata, per la provincia di Macerata; Ascoli Piceno e San Benedetto del Tronto, per Ascoli Piceno; Porto Sant'Elpidio per la provincia di Fermo.

**Figura 1. Localizzazione delle centraline di monitoraggio.**



I dati demografici per comune, anno e classi di età sono stati ricavati dalle statistiche nazionali<sup>(7)</sup>. La popolazione annuale a metà anno è stata calcolata come semisomma dei residenti nel comune al 1 gennaio e al 31 dicembre dello stesso anno.

**Tabella 1. Popolazione residente a metà anno (2007 - 2008) nei 16 comuni indagati.**

COMUNE	POPOLAZIONE A METÀ ANNO 2007	POPOLAZIONE A METÀ ANNO 2008
Provincia di Ancona		
Ancona	101.452	101.736
Chiaravalle	14.694	14.890
Fabriano	31.235	31.577
Falconara Marittima	27.973	27.974
Jesi	39.899	40.121
Montemarciano	10.010	10.155
Osimo	31.532	32.207
Senigallia	44.292	44.457
Provincia di Ascoli Piceno		
Ascoli Piceno	51.566	51.585
San Benedetto del Tronto	47.235	47.609
Provincia di Macerata		
Civitanova Marche	39.873	40.101
Macerata	42.732	42.956
Provincia di Pesaro-Urbino		
Fano	61.972	62.967
Pesaro	92.847	93.843
Urbino	15.400	15.494
Provincia di Fermo		
Porto Sant'Elpidio	24.566	24.937
Totale	677.278	682.609

I dati di mortalità sono stati estratti dalle statistiche nazionali (fonte: ISTAT; archivio nazionale delle cause di morte), suddivisi in classi di età quinquennali e per cause: *tutte escluse le violente* (ICD-9: 1-799)<sup>(8)</sup>, *cardiache* (ICD-9: 390-459)<sup>(8)</sup>, *respiratorie* (ICD-9: 460-519, esclusa la 487)<sup>(8)</sup> e per *tumori all'apparato respiratorio* (ICD-9: 162)<sup>(8)</sup>.

Poiché il database consultato non fornisce dati posteriori al 2003, al fine di ottenere una stima della mortalità 2007-2008 il più possibile realistica, si sono calcolati i tassi specifici per classe di età annui del quadriennio 2000-2003 per ogni comune, e li si sono poi rapportati alla popolazione presente nell'anno in studio.

I dati di morbosità 2007-2008 riferiti ad ogni comune, considerati come numero di ricoveri ospedalieri totali per *cause cardiache* (ICD-9: 390-429)<sup>(8)</sup> e *respiratorie* (ICD-9: 490-519, esclusa la 487)<sup>(8)</sup>, sono stati ricavati dall'archivio regionale delle Schede di Dimissione Ospedaliera (fonte: Agenzia Regionale Sanitaria della Regione Marche).

**Tabella 2. Decessi e ricoveri ospedalieri utilizzati nel calcolo degli eventi attribuiti all'inquinamento atmosferico nel 2007.**

COMUNE	MORTALITÀ*				RICOVERI OSPEDALIERI	
	Tutte le cause (escluse violente)	Cause cardiovascolari	Cause respiratorie	Tumori all'apparato respiratorio	Cause cardiache	Cause respiratorie
	ICD-9: 1-799	ICD-9: 390-459	ICD-9: 460-519, esclusa 487	ICD-9: 162	ICD-9: 390-429	ICD-9: 460-519, esclusa 487
Provincia di Ancona						
Ancona	1.203	557	71	64	1.889	1.126
Chiaravalle	185	85	12	11	263	171
Fabriano	360	174	26	18	535	388
Falconara Marittima	291	133	21	21	502	329
Jesi	495	214	37	28	751	611
Montemarciano	100	45	8	6	169	96
Osimo	314	145	22	16	434	341
Senigallia	544	235	48	29	667	499
Provincia di Ascoli Piceno						
Ascoli Piceno	619	284	50	31	957	562
San Benedetto del Tronto	503	241	34	26	967	610
Provincia di Macerata						
Civitanova Marche	408	193	23	20	556	469
Macerata	503	241	33	28	693	494
Provincia Pesaro-Urbino						
Fano	625	275	42	37	973	756
Pesaro	1.030	461	76	58	1.752	1.035
Urbino	196	87	18	10	266	216
Provincia Fermo						
Porto Sant'Elpidio	205	107	10	9	424	289
<b>Totale</b>	<b>7.580</b>	<b>3.479</b>	<b>530</b>	<b>411</b>	<b>11.798</b>	<b>7.992</b>

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.

\*Valori di mortalità calcolati dai dati relativi al quadriennio 2000-2003 come descritto nel testo

**Tabella 3. Decessi e ricoveri ospedalieri utilizzati nel calcolo degli eventi attribuiti all'inquinamento atmosferico nel 2008.**

COMUNE	MORTALITÀ*				RICOVERI OSPEDALIERI	
	Tutte le cause (escluse violente)	Cause cardiovascolari	Cause respiratorie	Tumori all'apparato respiratorio	Cause cardiache	Cause respiratorie
	ICD-9: 1-799	ICD-9: 390-459	ICD-9: 460-519, esclusa 487	ICD-9: 162	ICD-9: 390-429	ICD-9: 460-519, esclusa 487
Provincia di Ancona						
Ancona	1.217	564	72	64	1.850	1.085
Chiaravalle	189	87	12	11	276	175
Fabriano	369	178	27	18	487	386
Falconara Marittima	295	134	21	21	463	274
Jesi	505	219	37	29	637	576
Montemarciano	108	49	9	6	133	92
Osimo	323	149	23	16	504	367
Senigallia	554	240	50	29	599	439
Provincia di Ascoli Piceno						
Ascoli Piceno	633	291	51	32	988	655
San Benedetto del Tronto	512	246	35	26	859	581
Provincia di Macerata						
Civitanova Marche	415	196	23	20	501	484
Macerata	506	243	33	28	671	533
Provincia Pesaro-Urbino						
Fano	637	281	43	38	962	745
Pesaro	1.051	471	78	59	1.737	1.072
Urbino	198	88	19	10	238	190
Provincia Fermo						
Porto Sant'Elpidio	209	109	10	9	402	296
<b>Totale</b>	<b>7.722</b>	<b>3.546</b>	<b>542</b>	<b>416</b>	<b>11.307</b>	<b>7.950</b>

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.

\*Valori di mortalità calcolati dai dati relativi al quadriennio 2000-2003 come descritto nel testo

I dati di contaminazione ambientale relativamente al PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e ozono sono stati ottenuti dalle stazioni fisse di monitoraggio situate in aree urbane, considerate strumenti validi per stimare l'esposizione media in una popolazione attribuibile a fonti outdoor<sup>(9; 10)</sup>.

Questi dati sono raccolti nell'archivio BRACE<sup>(11)</sup>, un database online sulla qualità dell'aria creato da APAT (ora ISPRA), in conformità con la Decisione della Commissione del 2001/752/EC e con la Direttiva 2002/3/EC. BRACE consente di scaricare i record orari delle concentrazioni degli inquinanti, così come le informazioni sulle centraline di monitoraggio (localizzazione, caratteristiche, inquinanti rilevati e metodo di misurazione adottato).

I dati di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> sono calcolati come medie giornaliere e, in accordo con la metodologia AIRQ, sono stati considerati soltanto i giorni con più del 50% delle rilevazioni orarie, e le centraline con almeno il 50% dei rilevamenti annuali.



Poiché i dati relativi al  $PM_{2,5}$  non sempre sono stati disponibili, in questi casi si è scelto di calcolarne i valori di concentrazione dai dati disponibili di  $PM_{10}$  utilizzando un fattore di conversione  $PM_{2,5}/PM_{10}$  pari a 0,7, in accordo con precedenti studi europei <sup>(12)</sup> e italiani <sup>(1)</sup>.

Nella stima dell'ozono è stata calcolata la media mobile sulle 8 ore, considerando come dato giornaliero il valore medio massimo ottenuto nelle 24 ore. In accordo con la metodologia AIRQ sono state considerate soltanto le medie di 8 ore con almeno il 75% delle rilevazioni e, per considerare valido il dato giornaliero con almeno il 75% delle rilevazioni nelle 24 ore. Le stazioni devono raggiungere almeno il 50% delle rilevazioni annuali.

In caso di più centraline posizionate in un comune il dato utilizzato rappresenta il valore medio tra le diverse misure disponibili.

Per il calcolo dell'impatto sanitario, in termini di mortalità e morbosità, è stato utilizzato il software AIRQ <sup>(6)</sup> versione 2.2.3 prodotto e distribuito dal "WHO European Centre for Environment and Health".

Il software in questione permette di calcolare, per ogni comune, il numero di decessi e ricoveri ospedalieri, attribuibili all'esposizione a concentrazioni di contaminanti superiori ad una certa soglia prestabilita che arbitrariamente consideriamo di non effetto (counterfactual).

La proporzione di attribuibili (AP), ossia la frazione di eventi sanitari che può essere attribuita all'esposizione di una popolazione ad un dato agente inquinante in un certo periodo di tempo, assumendo l'esistenza causale tra l'esposizione e l'esito sanitario in mancanza di importanti fattori confondenti, può essere calcolata usando la seguente formula <sup>(13)</sup>:

$$AP = \frac{\sum \{ [ RR(c) - 1 ] * p(c) \}}{\sum [ RR(c) * p(c) ]}$$

Dove:

**RR(c)** rappresenta il rischio relativo nella categoria "c" di esposizione (il rischio relativo viene definito come l'aumento nella probabilità del verificarsi dell'effetto sanitario avverso associato a un determinato cambiamento nei livelli di esposizione, considerando generalmente incrementi di  $10 \mu g/m^3$  nelle concentrazioni <sup>(1)</sup>); i valori di RR utilizzati sono riassunti nella tabella 4

**c** rappresenta l'intervallo di contaminazione considerato. Il software raggruppa i dati dei rilevamenti delle centraline fisse in intervalli di  $10 \mu g/m^3$  (<10; 10 – 19; 20 – 29;...) e partendo dal numero di giorni dell'anno che ricadono in ognuno di questi calcola la percentuale di popolazione esposta per ogni intervallo di contaminazione "c"

**p(c)** rappresenta la proporzione della popolazione studiata che il software stima come esposta all'intervallo di contaminazione "c"



**Tabella 4. Rischi relativi (RR) ed intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) utilizzati per il calcolo del numero degli eventi in eccesso attribuibili ad esposizioni acute all'inquinamento atmosferico (PM<sub>10</sub> ed ozono).**

ESITI SANITARI	INQUINANTE			
	PM <sub>10</sub>		O <sub>3</sub>	
	RR (IC 95%)	Rif. bib.	RR (IC 95%)	Rif. bib.
Mortalità (esposizione acuta)				
Tutte le cause (escluse le violente)	1,006 (1,004–1,008)	(14)	1,003 (1,001–1,004)	(14)
Cardiovascolari	1,009 (1,005–1,013)	(14)	1,004 (1,003–1,005)	(14)
Respiratorie	1,013 (1,005–1,020)	(14)	1,013 (1,005–1,021)	(15)
Morbosità (ricoveri ospedalieri)				
Cardiache	1,003 (1,000–1,006)	(16)	-	
Respiratorie	1,006 (1,002–1,011)	(16)	1,005 (0,998–1,012)*	(15)

Abbreviazioni: PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; RR, rischio relativo; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; Rif. bib., riferimento bibliografico.  
\* Data l'assenza di plausibilità biologica relativa ad un effetto protettivo dell'O<sub>3</sub>, il limite inferiore dell'IC è stato posto pari a 1 per la valutazione di impatto sanitario.

Da questa, il numero di casi attribuibili per unità di popolazione (**IE**) può essere calcolata secondo la seguente:

$$IE = I * AP$$

Dove **I** rappresenta il l'incidenza data o stimata dell'evento sanitario considerato.

Per una popolazione composta da **N** persone, il numero dei casi totali attribuibili alla contaminazione (**NE**) si calcola con la seguente:

$$NE = IE * N.$$

Il software permette inoltre di calcolare effetti sanitari attribuibili all'esposizione cronica al PM<sub>2,5</sub> (RR utilizzati in tabella 5). Questi vengono espressi come anni di vita persi nell'anno di simulazione, che rappresentano il tempo non vissuto nell'anno analizzato, e come anni totali di vita persi a causa dei decessi attribuibili all'esposizione cronica al PM<sub>2,5</sub>, espressi secondo la formula:

$$YOLL = \sum (N_x * AV_x)$$

Dove:

**YOLL** rappresenta gli anni totali di vita persi

**N<sub>x</sub>** rappresenta il numero di decessi attribuibili all'esposizione al PM<sub>2,5</sub> nel comune considerato nell'anno in esame riferiti alla classe di età "x"

**AV<sub>x</sub>** rappresenta la rimanente aspettativa di vita media relativa alla classe di età considerata

**Tabella 5. Rischi relativi (RR) ed intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) utilizzati per il calcolo del numero degli eventi in eccesso attribuibili ad esposizioni croniche all'inquinamento atmosferico (PM<sub>2,5</sub>).**

ESITI SANITARI	INQUINANTE	
	PM <sub>2,5</sub>	
	RR (IC 95%)	Rif. bib.
Mortalità (esposizione cronica)		
Tutte le cause (escluse le violente)	1,062 (1,016–1,110)	(6)
Cardio-respiratorie	1,093 (1,033–1,158)	(6)
Tumori all'apparato respiratorio	1,135 (1,044–1,234)	(6)

Abbreviazioni: PM<sub>2,5</sub>, polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico; RR, rischio relativo; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; Rif. bib., riferimento bibliografico.

## RISULTATI

La normativa vigente in Italia sui limiti di esposizione ammissibili stabilisce, per il PM<sub>10</sub>, una soglia massima di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 50 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno (DM 60 del 2/4/ 2002). Per l’ozono non viene invece stabilito un valore limite come media annuale, ma vengono stabilite tre diverse soglie: 180 µg/m<sup>3</sup>, valore registrato come media oraria, rappresenta la “soglia di informazione”; 240 µg/m<sup>3</sup> come media oraria registrata per tre ore consecutive, viene definita come “soglia di allarme per la protezione della salute umana”; 120 µg/m<sup>3</sup>, registrato come media mobile su 8 ore, rappresenta il “livello di riferimento per la protezione della salute umana” da non superare più di 25 volte in un anno (Dlgs 183 del 21/5/2004).

Non sono attualmente in vigore limiti per le concentrazioni del PM<sub>2,5</sub>, sebbene la nuova direttiva 2008/50/CE, pubblicata l’11 giugno 2008 sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione europea ed in via di recepimento in Italia, stabilisca che i Paesi membri fissino un limite massimo di 20 µg/m<sup>3</sup> come media su tre anni da non superare nei centri urbani da raggiungere entro il 2015<sup>(17)</sup>.

**Tabella 6. Medie annuali ± deviazioni standard (DS) delle concentrazioni giornaliere (µg/m<sup>3</sup>) delle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>10</sub>), 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>2,5</sub>) e dell’ozono (O<sub>3</sub>) registrate nel 2007 nei 16 comuni indagati (come medie dei valori delle centraline disponibili).**

COMUNE	INQUINANTE					
	PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>		O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>		PM <sub>2,5</sub> , µg/m <sup>3</sup>	
	Media	± DS	Media	± DS	Media	± DS
Provincia di Ancona						
Ancona	44,9	± 18,9	66,4	± 25,8	29,1	± 15,3
Chiaravalle	37,1	± 15,6	66,9	± 34,9	26,2	± 14,3
Fabriano	36,1	± 16,0	n.d.		21,4	± 11,1
Falconara Marittima	40,4	± 17,2	69,8	± 33,5	28,8	± 10,4
Jesi	43,4	± 20,6	n.d.		26,2	± 14,2
Montemarciano	51,3	± 18,0	n.d.		30,4	± 14,4
Osimo	28,6	± 13,5	n.d.		20,0	± 9,5
Senigallia	52,4	± 16,3	n.d.		36,7	± 11,4
Provincia di Ascoli Piceno						
Ascoli Piceno	24,5	± 11,0	48,6	± 19,9	15,5	± 8,4
San Benedetto del Tronto	33,7	± 15,9	68,5	± 31,4	<b>23,6</b>	<b>± 11,1</b>
Provincia di Macerata						
Civitanova Marche	33,4	± 20,2	n.d.		22,5	± 14,6
Macerata	28,1	± 14,5	n.d.		17,9	± 10,6
Provincia di Pesaro-Urbino						
Fano	47,6	± 22,0	76,9	± 42,0	<b>33,3</b>	<b>± 15,4</b>
Pesaro	42,1	± 20,0	93,1	± 46,7	29,4	± 15,8
Urbino	31,8	± 13,2	100,9	± 40,4	<b>22,3</b>	<b>± 9,2</b>
Provincia di Fermo						
Porto Sant’Elpidio	n.d.		n.d.		n.d.	

Abbreviazioni: PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; PM<sub>2,5</sub>, polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; DS, deviazione standard; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

In rosso i valori di PM<sub>2,5</sub> calcolati dalle concentrazioni rilevate di PM<sub>10</sub> tramite la formula di conversione: PM<sub>2,5</sub> = 0,7 \* PM<sub>10</sub>.

**Tabella 7. Medie annuali  $\pm$  deviazioni standard (DS), delle concentrazioni giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) delle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico ( $\text{PM}_{10}$ ), 2,5 micron di diametro aerodinamico ( $\text{PM}_{2,5}$ ) e dell'ozono ( $\text{O}_3$ ) registrate nel 2008 nei 16 comuni indagati (come medie dei valori delle centraline disponibili).**

COMUNE	INQUINANTE					
	$\text{PM}_{10}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\text{O}_3$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\text{PM}_{2,5}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Media	$\pm$ DS	Media	$\pm$ DS	Media	$\pm$ DS
Provincia di Ancona						
Ancona	37,9	$\pm$ 22,2	69,6	$\pm$ 26,2	24,2	$\pm$ 13,6
Chiaravalle	27,1	$\pm$ 14,1	73,0	$\pm$ 31,6	19,8	$\pm$ 12,2
Fabriano	38,5	$\pm$ 15,1	n.d.		18,8	$\pm$ 8,5
Falconara Marittima	n.d.		63,5	$\pm$ 27,3	n.d.	
Jesi	39,9	$\pm$ 16,6	n.d.		28,0	$\pm$ 13,9
Montemarciano	41,3	$\pm$ 19,0	n.d.		21,9	$\pm$ 15,0
Osimo	27,9	$\pm$ 13,5	n.d.		19,5	$\pm$ 9,4
Senigallia	43,7	$\pm$ 18,6	n.d.		30,6	$\pm$ 13,0
Provincia di Ascoli Piceno						
Ascoli Piceno	20,4	$\pm$ 10,5	38,0	$\pm$ 17,3	13,7	$\pm$ 8,2
San Benedetto del Tronto	32,4	$\pm$ 16,3	59,2	$\pm$ 24,9	22,6	$\pm$ 11,4
Provincia di Macerata						
Civitanova Marche	32,0	$\pm$ 19,1	96,6	$\pm$ 32,2	21,6	$\pm$ 13,9
Macerata	26,8	$\pm$ 12,6	88,9	$\pm$ 30,9	17,0	$\pm$ 9,4
Provincia di Pesaro-Urbino						
Fano	38,8	$\pm$ 13,7	67,8	$\pm$ 33,7	27,1	$\pm$ 9,6
Pesaro	36,6	$\pm$ 14,2	73,5	$\pm$ 32,5	24,4	$\pm$ 11,5
Urbino	28,3	$\pm$ 10,4	86,2	$\pm$ 28,2	19,8	$\pm$ 7,3
Provincia di Fermo						
Porto Sant'Elpidio	38,8	$\pm$ 18,3	51,9	$\pm$ 29,5	12,6	$\pm$ 8,2

Abbreviazioni:  $\text{PM}_{10}$ , polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico;  $\text{PM}_{2,5}$ , polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico;  $\text{O}_3$ , ozono; DS, deviazione standard; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

In rosso i valori di  $\text{PM}_{2,5}$  calcolati dalle concentrazioni rilevate di  $\text{PM}_{10}$  tramite la formula di conversione:  $\text{PM}_{2,5} = 0,7 * \text{PM}_{10}$ .

In questo studio si è stimato il verificarsi di eventi avversi alla salute attribuibili all'esposizione all'inquinamento atmosferico, scegliendo come soglia di non effetto per l'esposizione al  $\text{PM}_{10}$  la concentrazione di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che rappresenta sia il limite della normativa vigente che il valore raccomandato dalle linee guida dell'OMS<sup>(18)</sup>, e per l'ozono  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , considerato come soglia di allarme secondo la normativa vigente.

Inoltre si è optato per confrontare i risultati così ottenuti con la stima degli effetti avversi che si avrebbero in assenza di attività antropica, considerando cioè le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  superiori a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(19)</sup> e di ozono maggiori di  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(18)</sup>, corrispondenti ai livelli di background naturale.

Nelle tabelle 8 e 9 si riportano gli eventi sanitari in eccesso attribuibili all'esposizione acuta a  $\text{PM}_{10}$  e ozono per esposizione giornaliera superiore rispettivamente a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nei comuni non riportati non viene stimato un numero apprezzabile di casi.

**Tabella 8. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>10</sub>) in concentrazioni superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> ed all'ozono (O<sub>3</sub>) in concentrazioni superiori a 120 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.**

PROVINCIA	COMUNE	MORTALITÀ						RICOVERI OSPEDALIERI		
		Tutte le Cause ICD-9: 1-799		Cause Cardiache ICD-9: 390-459		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487		Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	
		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE	INQUINANTE	
		PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>
Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	3 (2-4)	<1	2 (1-3)	<1	<1	<1	3 (0-6)	3 (1-6)	<1
	Jesi	2 (1-2)	n.d.	1 (1-1)	n.d.	<1	n.d.	1 (0-3)	2 (1-4)	n.d.
	Senigallia	2 (2-3)	n.d.	2 (1-2)	n.d.	<1	n.d.	2 (0-3)	2 (1-4)	n.d.
PESARO-URBINO	Fano	3 (2-4)	1 (0-1)	2 (1-3)	<1	<1	<1	2 (0-5)	4 (1-6)	2 (0-4)
	Pesaro	3 (2-3)	2 (1-3)	2 (1-2)	1 (1-2)	<1	1 (0-1)	3 (0-5)	3 (1-6)	4 (0-10)

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

**Tabella 9. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>10</sub>) in concentrazioni superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> ed all'ozono (O<sub>3</sub>) in concentrazioni superiori a 120 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.**

PROVINCIA	COMUNE	MORTALITÀ						RICOVERI OSPEDALIERI		
		Tutte le Cause ICD-9: 1-799		Cause Cardiache ICD-9: 390-459		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487		Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	
		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE	INQUINANTE	
		PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 50µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> >120µg/m <sup>3</sup>
Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	2 (1-2)	<1	1 (1-2)	<1	<1	<1	1 (0-3)	2 (1-3)	<1
	Jesi	1 (1-1)	n.d.	1 (0-1)	n.d.	<1	n.d.	1 (0-1)	1 (0-2)	n.d.
	Senigallia	2 (1-2)	n.d.	1 (1-2)	n.d.	<1	n.d.	1 (0-2)	1 (1-3)	n.d.
PESARO-URBINO	Fano	1 (0-1)	<1	1 (0-1)	<1	<1	<1	1 (0-1)	1 (0-2)	<1
	Pesaro	1 (1-1)	<1	1 (0-1)	<1	<1	<1	1 (0-2)	1 (0-2)	<1

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

Dai risultati ottenuti (tabelle 8 e 9), considerando come soglia di non effetto i valori suddetti, si stima il verificarsi di eventi sanitari attribuibili all'inquinamento in numero apprezzabile soltanto in alcuni comuni delle province di Ancona (Ancona, Jesi e Senigallia) e Pesaro-Urbino (Pesaro e Urbino), caratterizzati dalla concomitante presenza di una popolazione numerosa ed elevata contaminazione ambientale. Nei restanti comuni indagati non si stimano effetti sanitari in numero apprezzabile per concentrazioni di inquinanti superiori a queste soglie.

Se invece consideriamo le stime effettuate prendendo come soglia di non effetto i valori di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il  $\text{PM}_{10}$  e di  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'ozono, cioè considerando gli eventi attribuibili all'aumentata esposizione frutto dell'attività antropica, si stimano significativi incrementi nell'attribuzione di eventi sanitari legati all'esposizione all'inquinamento atmosferico. In misura particolare, risultano maggiormente rilevanti quelli attribuibili all'esposizione al particolato sottile (tabelle 10 e 11).

In questo studio sono stati inoltre valutati gli effetti sanitari attribuibili ad esposizione cronica al  $\text{PM}_{2,5}$  per valori di concentrazione superiore a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , considerato come soglia limite nelle linee guida dell'OMS<sup>(18)</sup>. Questi sono stati calcolati come anni di vita persi nell'anno della simulazione (tabelle 12 e 13) ed anni totali di vita persi nell'anno della simulazione (tabelle 14 e 15). Nella stima di questi due parametri si assume che le concentrazioni atmosferiche di inquinanti, la struttura della popolazione ed i tassi di mortalità per cause siano rimasti immutati nel tempo. Poiché per convenzione si ammette che i decessi attribuibili all'esposizione cronica al  $\text{PM}_{2,5}$  siano avvenuti a metà anno, il numero di anni di vita persi nell'anno della simulazione può essere interpretato come la metà dei decessi attribuibili all'esposizione cronica al particolato fine presente in atmosfera. La stima degli anni totali di vita persi nell'anno della simulazione è invece un utile strumento per valutare il peso dei decessi stimati per esposizione cronica al  $\text{PM}_{2,5}$  in una comunità, in quanto tiene in considerazione anche l'età in cui si stima sia avvenuto il decesso e si assegna a questa un peso tanto maggiore quanto più essa è precoce.

Dai risultati mostrati nelle tabelle 12 e 13, si può notare che la maggior parte dei decessi attribuibili ad una esposizione cronica al  $\text{PM}_{2,5}$  risulta a carico delle persone di età superiore ai 65 anni. In particolare, il numero di anni di vita persi per tutte le cause non violente attribuibili a questa fascia di età è circa 10 volte maggiore rispetto a quello attribuibile nei soggetti più giovani (con età compresa tra 30 e 65 anni). Questo, come sopra citato, si traduce in un numero di decessi stimati in un anno circa 20 volte maggiore. Considerando le cause cardio-respiratorie, il rapporto degli anni di vita persi tra over 65 / under 65 risulta circa 20. Ciò si può tradurre in un numero di decessi attribuibili circa 40 volte maggiore nelle persone con più di 65 anni. Infine, nella stima degli anni di vita persi per tumori all'apparato respiratorio, il rapporto tra le due classi di età è circa 4. Si stima, cioè, che in un anno si possa attribuire, per esposizione cronica al  $\text{PM}_{2,5}$ , un numero di decessi per tumore all'apparato respiratorio circa 8 volte maggiore nei soggetti di età superiore a 65 anni rispetto a quelli attribuibili per le classi di età inferiori.

**Tabella 10. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>10</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> ed all'ozono (O<sub>3</sub>) in concentrazioni superiori a 70 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.**

PROVINCIA	COMUNE	MORTALITÀ						RICOVERI OSPEDALIERI		
		Tutte le Cause ICD-9: 1-799		Cause Cardiache ICD-9: 390-459		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487		Cause Cardiache ICD-9: 390-429		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487
		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE
		PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>
	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	
ANCONA	Ancona	22 (15-29)	3 (1-4)	15 (8-21)	2 (1-2)	3 (1-4)	1 (0-1)	20 (0-39)	23 (8-42)	5 (0-12)
	Chiaravalle	3 (2-4)	1 (0-1)	2 (1-3)	<1	<1	<1	2 (0-4)	3 (1-5)	1 (0-3)
	Fabriano	5 (3-7)	n.d.	4 (2-5)	n.d.	1 (0-1)	n.d.	4 (0-8)	6 (2-11)	n.d.
	Falconara Marittima	5 (3-6)	1 (0-1)	3 (2-4)	<1	1 (0-1)	<1	5 (0-9)	6 (2-11)	2 (0-5)
	Jesi	9 (6-12)	n.d.	6 (3-8)	n.d.	1 (1-2)	n.d.	7 (0-15)	12 (4-22)	n.d.
	Montemarciano	2 (2-3)	n.d.	2 (1-2)	n.d.	<1	n.d.	2 (0-4)	2 (1-4)	n.d.
	Osimo	3 (2-4)	n.d.	2 (1-3)	n.d.	<1	n.d.	3 (0-5)	4 (1-7)	n.d.
	Senigallia	12 (8-16)	n.d.	8 (4-11)	n.d.	2 (1-3)	n.d.	8 (0-16)	12 (4-22)	n.d.
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	4 (3-6)	<1	3 (2-4)	<1	1 (0-1)	<1	4 (0-8)	4 (2-8)	<1
	San Benedetto del Tronto	6 (4-8)	2 (1-2)	4 (2-6)	1 (0-1)	1 (0-1)	<1	7 (0-14)	9 (3-16)	4 (0-9)
MACERATA	Civitanova Marche	5 (3-7)	n.d.	3 (2-4)	n.d.	<1	n.d.	4 (0-8)	7 (2-12)	n.d.
	Macerata	5 (3-7)	n.d.	3 (2-5)	n.d.	1 (0-1)	n.d.	4 (0-8)	5 (2-10)	n.d.
PESARO-URBINO	Fano	13 (9-17)	4 (1-5)	8 (5-12)	2 (2-3)	2 (1-3)	1 (0-2)	11 (0-21)	17 (6-30)	8 (0-19)
	Pesaro	17 (11-22)	9 (3-12)	11 (6-15)	5 (4-6)	3 (1-4)	3 (1-4)	17 (0-33)	20 (7-36)	17 (0-40)
	Urbino	2 (1-3)	2 (0-2)	1 (1-2)	1 (0-1)	<1	1 (0-1)	2 (0-3)	3 (1-5)	4 (0-9)
FERMO	Porto Sant'Elpidio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.



**Tabella 11. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>10</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> ed all'ozono (O<sub>3</sub>) in concentrazioni superiori a 70 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.**

PROVINCIA	COMUNE	MORTALITÀ						RICOVERI OSPEDALIERI		
		Tutte le Cause ICD-9: 1-799		Cause Cardiache ICD-9: 390-459		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487		Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	
		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE	INQUINANTE	
		PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> > 10µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> > 70µg/m <sup>3</sup>
		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	17 (12-23)	3 (1-5)	12 (7-17)	2 (2-3)	2 (1-3)	1 (0-1)	15 (0-30)	18 (6-32)	6 (0-13)
	Chiaravalle	2 (1-3)	1 (0-1)	1 (1-2)	<1	<1	<1	2 (0-3)	2 (1-3)	1 (0-3)
	Fabriano	6 (4-8)	n.d.	4 (2-9)	n.d.	1 (0-1)	n.d.	4 (0-9)	7 (2-12)	n.d.
	Falconara Marittima	n.d.	1 (0-1)	n.d.	<1	n.d.	<1	n.d.	n.d.	1 (0-3)
	Jesi	8 (5-11)	n.d.	5 (3-7)	n.d.	1 (1-2)	n.d.	6 (0-11)	10 (3-19)	n.d.
	Montemarciano	2 (1-2)	n.d.	1 (1-2)	n.d.	<1	n.d.	1 (0-2)	2 (1-3)	n.d.
	Osimo	3 (2-4)	n.d.	2 (1-3)	n.d.	<1	n.d.	3 (0-5)	4 (1-7)	n.d.
	Senigallia	10 (7-13)	n.d.	6 (4-9)	n.d.	2 (1-4)	n.d.	6 (0-12)	9 (3-16)	n.d.
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	3 (2-4)	<1	2 (1-3)	<1	1 (0-1)	<1	3 (0-6)	4 (1-7)	<1
	San Benedetto del Tronto	6 (4-8)	1 (0-1)	4 (2-6)	<1	1 (0-1)	<1	6 (0-12)	7 (3-14)	2 (0-4)
MACERATA	Civitanova Marche	5 (3-6)	3 (1-4)	3 (1-4)	2 (2-3)	1 (0-1)	1 (0-1)	3 (0-6)	6 (2-11)	7 (0-17)
	Macerata	5 (3-6)	3 (1-4)	3 (2-5)	2 (2-3)	1 (0-1)	1 (0-1)	3 (0-7)	5 (2-10)	6 (0-15)
PESARO-URBINO	Fano	10 (7-13)	5 (3-6)	7 (4-9)	1 (1-2)	1 (1-2)	1 (0-1)	8 (0-16)	13 (4-23)	5 (0-12)
	Pesaro	14 (9-19)	4 (1-5)	9 (5-13)	2 (2-3)	2 (1-3)	1 (1-2)	14 (0-28)	17 (6-31)	8 (0-19)
	Urbino	2 (1-2)	1 (0-1)	1 (1-2)	<1	<1	<1	1 (0-3)	2 (1-4)	2 (0-5)
FERMO	Porto Sant'Elpidio	3 (2-4)	<1	2 (1-3)	<1	<1	<1	4 (0-7)	5 (2-9)	1 (0-2)

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; PM<sub>10</sub>, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O<sub>3</sub>, ozono; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

**Tabella 12. Anni di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.**

PROVINCIA	COMUNE	ANNI DI VITA PERSI NELL'ANNO DELLA SIMULAZIONE					
		Tutte le cause (escluse violente) ICD-9: 1-799		Cause cardio-respiratorie ICD-9: 390-519, esclusa 487		Tumori all'apparato respiratorio ICD-9: 162	
		>30 anni	30< anni <65	>30 anni	30< anni <65	>30 anni	30< anni <65
		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	59 (16-99)	6 (2-10)	45 (17-70)	2 (1-3)	6 (2-10)	2 (1-2)
	Chiaravalle	8 (2-14)	1 (0-1)	6 (2-10)	<1	1 (0-1)	<1
	Fabriano	11 (3-19)	1 (0-2)	9 (3-14)	<1	1 (0-2)	<1
	Falconara Marittima	14 (4-24)	1 (0-2)	11 (4-17)	1 (0-1)	2 (1-3)	<1
	Jesi	22 (6-37)	2 (1-3)	16 (6-25)	1 (0-1)	3 (1-4)	<1
	Montemarciano	5 (2-9)	1 (0-1)	4 (2-6)	<1	1 (0-1)	<1
	Osimo	9 (2-15)	1 (0-2)	7 (3-11)	1 (0-1)	1 (0-1)	<1
	Senigallia	39 (11-64)	4 (1-6)	29 (11-44)	1 (1-2)	4 (2-6)	1 (0-2)
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	7 (2-12)	1 (0-1)	6 (2-9)	<1	1 (0-1)	<1
	San Benedetto del Tronto	20 (5-33)	2 (1-3)	15 (6-24)	1 (0-1)	2 (1-3)	<1
MACERATA	Civitanova Marche	15 (4-25)	2 (0-3)	11 (4-18)	1 (0-1)	2 (1-2)	<1
	Macerata	11 (3-19)	1 (0-2)	9 (3-14)	<1	1 (0-2)	<1
PESARO-URBINO	Fano	39 (11-64)	4 (1-7)	28 (11-44)	2 (1-3)	5 (2-7)	1 (0-2)
	Pesaro	53 (15-89)	5 (1-9)	40 (15-62)	2 (1-3)	6 (2-9)	1 (0-2)
	Urbino	6 (2-11)	1 (0-1)	5 (2-8)	<1	1 (0-1)	<1
FERMO	Porto Sant'Elpidio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

**Tabella 13. Anni di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.**

PROVINCIA	COMUNE	ANNI DI VITA PERSI NELL'ANNO DELLA SIMULAZIONE					
		Tutte le cause (escluse violente) ICD-9: 1-799		Cause cardio-respiratorie ICD-9: 390-519, esclusa 487		Tumori all'apparato respiratorio ICD-9: 162	
		>30 anni	30< anni <65	>30 anni	30< anni <65	>30 anni	30< anni <65
		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	44 (12-74)	4 (1-7)	33 (12-53)	1 (1-2)	5 (2-8)	1 (0-2)
	Chiaravalle	5 (1-9)	<1	4 (2-6)	<1	<1	<1
	Fabriano	9 (2-16)	1 (0-1)	8 (3-12)	<1	1 (0-2)	<1
	Falconara Marittima	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Jesi	25 (7-41)	2 (1-4)	18 (7-28)	1 (0-1)	3 (1-4)	<1
	Montemarciano	4 (1-6)	<1	3 (1-4)	<1	1 (0-1)	<1
	Osimo	8 (2-14)	1 (0-2)	6 (2-10)	<1	1 (0-1)	<1
	Senigallia	32 (9-53)	3 (1-5)	24 (9-37)	1 (0-2)	3 (1-5)	1 (0-1)
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	4 (1-6)	<1	3 (1-5)	<1	<1	<1
	San Benedetto del Tronto	19 (5-31)	2 (1-3)	15 (5-23)	1 (0-1)	2 (1-3)	<1
MACERATA	Civitanova Marche	13 (3-22)	1 (0-2)	10 (4-16)	1 (0-1)	1 (0-2)	<1
	Macerata	9 (2-15)	1 (0-1)	7 (3-11)	<1	1 (0-2)	<1
PESARO-URBINO	Fano	30 (8-50)	3 (1-5)	22 (8-34)	1 (1-2)	4 (1-5)	1 (0-1)
	Pesaro	43 (12-73)	4 (1-7)	33 (12-51)	2 (1-2)	5 (2-8)	1 (0-1)
	Urbino	5 (1-9)	1 (0-1)	4 (2-7)	<1	1 (0-1)	<1
FERMO	Porto Sant'Elpidio	2 (0-3)	<1	1 (1-2)	<1	<1	<1

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

**Tabella 14. Anni totali di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2007.**

PROVINCIA	COMUNE	ANNI TOTALI DI VITA PERSI NELL'ANNO DELLA SIMULAZIONE		
		Tutte le cause (escluse violente)	Cause cardio-respiratorie	Tumori all'apparato respiratorio
		ICD-9: 1-799	ICD-9: 390-519, esclusa 487	ICD-9: 162
		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	1277 (336-2210)	773 (286-1239)	197 (72-305)
	Chiaravalle	162 (43-282)	98 (36-158)	19 (7-30)
	Fabriano	230 (61-400)	142 (52-231)	36 (17-57)
	Falconara Marittima	330 (87-571)	205 (76-328)	61 (22-94)
	Jesi	456 (120-791)	263 (97-422)	62 (22-96)
	Montemarciano	130 (34-225)	84 (31-135)	23 (9-36)
	Osimo	189 (50-327)	120 (44-195)	25 (9-41)
	Senigallia	830 (219-1435)	498 (186-790)	125 (47-187)
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	144 (38-250)	92 (34-151)	25 (9-40)
	San Benedetto del Tronto	340 (113-745)	279 (102-450)	67 (24-105)
MACERATA	Civitanova Marche	330 (87-572)	209 (77-337)	52 (19-83)
	Macerata	233 (61-404)	147 (54-239)	41 (14-65)
PESARO-URBINO	Fano	883 (233-1524)	532 (199-845)	150 (56-228)
	Pesaro	1149 (303-1988)	688 (255-1102)	179 (66-276)
	Urbino	135 (36-235)	83 (31-134)	23 (8-37)
FERMO	Porto Sant'Elpidio	n.d.	n.d.	n.d.

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

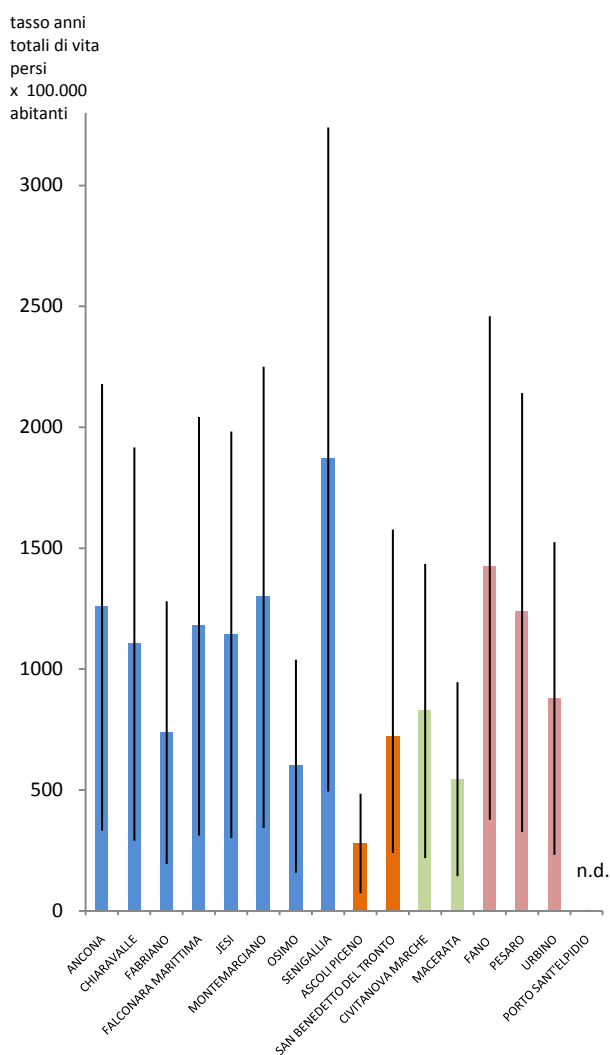
**Tabella 15. Anni totali di vita persi nell'anno di simulazione attribuibili all'esposizione cronica alle polveri al di sotto di 2,5 micron di diametro aerodinamico (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> in alcuni comuni della regione Marche nel 2008.**

PROVINCIA	COMUNE	ANNI TOTALI DI VITA PERSI NELL'ANNO DELLA SIMULAZIONE		
		Tutte le cause (escluse violente)	Cause cardio-respiratorie	Tumori all'apparato respiratorio
		ICD-9: 1-799	ICD-9: 390-519, esclusa 487	ICD-9: 162
		Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)	Eventi in eccesso (IC 95%)
ANCONA	Ancona	933 (246-1617)	568 (209-916)	151 (54-238)
	Chiaravalle	103 (27-178)	64 (23-103)	12 (4-20)
	Fabriano	190 (50-331)	121 (44-196)	30 (11-48)
	Falconara Marittima	n.d.	n.d.	n.d.
	Jesi	516 (136-894)	300 (111-482)	69 (25-107)
	Montemarciano	81 (21-141)	55 (20-89)	15 (5-23)
	Osimo	175 (46-303)	111 (41-180)	23 (8-37)
	Senigallia	654 (172-1132)	395 (147-632)	100 (37-154)
ASCOLI PICENO	Ascoli Piceno	73 (19-127)	47 (17-77)	12 (4-20)
	San Benedetto del Tronto	404 (106-670)	261 (96-422)	63 (23-99)
MACERATA	Civitanova Marche	283 (75-491)	181 (66-292)	42 (15-68)
	Macerata	177 (47-307)	111 (40-181)	31 (11-50)
PESARO-URBINO	Fano	669 (176-1156)	406 (150-650)	112 (41-174)
	Pesaro	926 (244-1604)	556 (206-897)	148 (54-232)
	Urbino	113 (30-195)	70 (26-114)	20 (7-32)
FERMO	Porto Sant'Elpidio	40 (11-70)	28 (10-45)	7 (2-11)

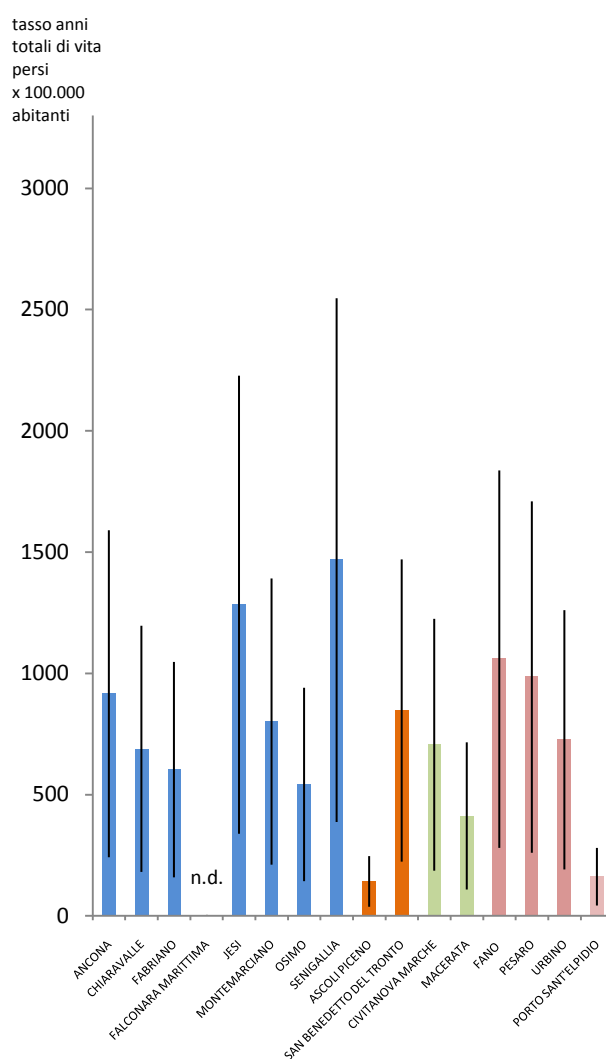
Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9<sup>th</sup> ed.; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza o insufficienza delle rilevazioni ambientali.

Poiché nei comuni considerati sono presenti popolazioni numericamente e strutturalmente diverse, al fine di rendere i dati più facilmente confrontabili tra loro può essere utile riportare i risultati ottenuti ad una popolazione di 100.000 abitanti, in modo da ottenere per ogni comune stime indipendenti dalla specifica demografia. Nelle figure 2 e 3 sono riportati i tassi per 100.000 abitanti degli anni totali di vita persi per tutte le cause (escluse le violente) negli anni 2007 e 2008 attribuibili all'esposizione cronica al PM<sub>2,5</sub> in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 2. Tasso per 100.000 abitanti degli anni totali di vita persi per tutte le cause non violente attribuibili all'esposizione cronica al particolato fine (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> nell'anno 2007 in alcuni comuni della regione Marche.**



**Figura 3. Tasso per 100.000 abitanti degli anni totali di vita persi per tutte le cause non violente attribuibili all'esposizione cronica al particolato fine (PM<sub>2,5</sub>) in concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup> nell'anno 2008 in alcuni comuni della regione Marche.**



Dai risultati mostrati nelle figure 2 e 3 si nota una maggiore criticità attribuibile all'esposizione al PM<sub>2,5</sub> in concentrazioni superiori a 10µg/m<sup>3</sup> associata ai comuni presenti nelle province di Ancona e Pesaro-Urbino.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si stima che, nell'anno 2007, tra la popolazione residente nei 15 comuni studiati (dati ambientali di Porto Sant'Elpidio non disponibili) siano da attribuire 113 decessi all'esposizione al PM<sub>10</sub> presente in atmosfera per concentrazioni superiori a 10 µg/m<sup>3</sup>. Tra questi, vengono stimati 75 decessi per cause cardiocircolatorie e 16 per cause respiratorie. Ai suddetti si aggiungono 100 ricoveri ospedalieri stimati per cause cardiache e 133 per cause legate all'apparato respiratorio. Si stimano inoltre 22 decessi attribuibili all'ozono presente in atmosfera (dati ambientali disponibili per 8 comuni), di cui 11 per cause cardiocircolatorie e 6 per cause respiratorie. A questi vanno aggiunti 41 ricoveri ospedalieri stimati per cause respiratorie.

Nell'anno 2008 nei comuni in studio si sono attribuiti al PM<sub>10</sub> atmosferico di origine antropica 96 decessi, di cui 62 per cause cardiocircolatorie e 13 per cause respiratorie (rilevazioni ambientali di Falconara Marittima insufficienti). A questi si aggiungono 79 ricoveri ospedalieri stimati per cause cardiache e 111 per cause respiratorie. Si stima inoltre che l'ozono presente in atmosfera sia responsabile, negli 11 comuni di cui si avevano le misure, di 22 decessi, di cui 9 per cause cardiocircolatorie e 5 per cause respiratorie. A questi si aggiungono 39 ricoveri ospedalieri stimati per cause respiratorie.

L'esposizione cronica al PM<sub>2,5</sub> atmosferico, nell'ipotesi che siano rimasti invariati nel tempo i valori di concentrazione atmosferica, la struttura demografica ed i tassi di mortalità stimati nell'anno 2007 nei comuni esaminati (escluso Porto Sant'Elpidio), viene considerata come responsabile della perdita di 6819 anni di vita totali attribuiti nell'anno. Nell'ipotesi che i parametri presenti nel territorio siano sempre stati quelli rilevati nel 2008, gli anni totali di vita persi attribuibili nei comuni indagati (escluso il comune di Falconara Marittima) sarebbero, nell'anno, 5338.

La stima di impatto sanitario viene comunemente descritta come la mortalità e/o la morbosità che si riuscirebbe ad evitare se i livelli di concentrazione degli inquinanti cui la popolazione è esposta fossero inferiori o uguali al counterfactual.

In questa stima un importante fattore è rappresentato dalla temporalità. Stabilita un'associazione causale tra inquinamento dell'aria ed effetti sanitari, è corretto assumere che riduzioni nelle concentrazioni medie dei contaminanti siano associate a riduzioni negli eventi sanitari a questi attribuibili. Tuttavia, non è possibile determinare esattamente il periodo di tempo entro il quale questi guadagni in termini di salute possano essere raggiunti. Se da una parte per gli effetti relativi ai picchi di esposizione, che rappresentano la maggior parte degli esiti sanitari considerati, si osservano risultati abbastanza immediati (0-5 giorni)<sup>(20; 21; 22)</sup>, l'incertezza riguarda principalmente gli effetti a lungo termine, in quanto il tempo di induzione non è noto.

In uno studio di Dockery e colleghi svolto in 6 città statunitensi<sup>(23)</sup>, in cui si relazionano le concentrazioni di particolato presenti in atmosfera con il verificarsi di eventi di mortalità per cause cardio-respiratorie e per tumori all'apparato respiratorio nel periodo 1979-1984, si osserva che ad una diminuzione della concentrazione media della contaminazione atmosferica si associa una diminuzione della mortalità per cause cardiache e respiratorie attribuibili ad una esposizione cronica a questa classe di contaminanti, ma non per tumori all'apparato respiratorio, portando alla conclusione che gli effetti a lungo termine di questi inquinanti sono solo parzialmente reversibili nell'arco di una decade. In una successiva ricerca, svolta nelle medesime città nel periodo 1990-1998<sup>(24)</sup>, ad una ulteriore diminuzione della contaminazione da particolato presente in atmosfera si è associata, oltre che una ulteriore diminuzione della mortalità per cause cardio-respiratorie da attribuire ad una esposizione cronica, anche una diminuzione della mortalità per tumori all'apparato respiratorio, portando alla luce in questo i lunghi tempi necessari per un apprezzabile miglioramento in termini di salute per queste cause.

Parallelamente, anche i benefici sanitari legati ad esposizioni acute all'inquinamento atmosferico possono suscitare alcune domande, in particolare circa il fenomeno denominato "harvesting" (mietitura). In questo si ipotizza una breve anticipazione della mortalità a seguito di un picco di inquinamento a carico dei soli individui più fragili, che sarebbero comunque morti entro un breve periodo di tempo. Se questa fosse la realtà, si assisterebbe a un innalzamento immediato dei tassi di mortalità in seguito a un giorno con alti livelli di inquinamento, seguito da una diminuzione nei giorni successivi. Questa considerazione, tuttavia, è in disaccordo con l'evidenza scientifica recentemente emersa da studi di serie storiche, in cui si dimostra che condizioni di forte inquinamento atmosferico fanno precipitare fino al decesso le condizioni di salute più critiche, ma peggiorano anche lo stato di salute dei soggetti in condizioni meno gravi, che contribuiscono alla mortalità o all'aumento dei ricoveri nei giorni successivi se l'inquinamento rimane elevato<sup>(25; 12)</sup>. Quindi,



anche ammettendo che l'harvesting possa non essere del tutto escluso, la sua importanza risulta probabilmente limitata.

Come detto in premessa lo studio effettuato presenta comunque rilevanti limitazioni. In primo luogo si considera la contaminazione presente nel comune come omogenea con quella rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio. Queste sono spesso rappresentate da centraline denominate "da traffico", che non possono essere rappresentative dell'intera area comunale. Se infatti è vero che i contaminanti analizzati possiedono una elevata mobilità e quindi si possono spostare anche per lunghe distanze rispetto alla sorgente emissiva, è anche vero che la dispersione è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche, in quanto condizioni di scarsa ventilazione, specie se in associazione a basse temperature, possono provocare una sorta di intrappolamento dei contaminanti nella zona di origine <sup>(26)</sup>, tanto da indurre alcuni autori a restringere il campo di azione sulla contaminazione presente a 100 metri dalla fonte <sup>(27)</sup>. Altresì vero che nell'area comunale sono presenti altre sorgenti di inquinanti, particolari condizioni geomorfologiche ed architettoniche che in determinate situazioni possono anche essere estremamente rilevanti.

Nonostante questi limiti la stima della contaminazione urbana utilizzando questa metodologia viene generalmente considerata come una buona rappresentazione della situazione reale <sup>(28; 29)</sup>.

Altra forte limitazione al calcolo preciso dei risultati deriva dal fatto che i dati di mortalità utilizzati non sono aggiornati agli anni in questione, ma si è dovuto ricorrere ad una stima per ottenere un dato al limite realistico, ma comunque non esatto.

Inoltre c'è da considerare il fatto che la validità dei risultati ottenuti dipende in larga misura dall'attendibilità dei RR utilizzati, oltre che dalla possibile presenza di particolari confondenti o modificatori di effetto <sup>(5)</sup>. Il valore di rischio relativo non si mantiene costante nel tempo. Da recenti studi epidemiologici realizzati nel territorio italiano emerge che, ad esempio, l'incremento percentuale della mortalità per tutte le cause attribuibili ad una aumentata esposizione di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al  $\text{PM}_{10}$  riferito a 10 città nel periodo 2001-2005 è risultato pari allo 0,69% <sup>(30)</sup>. In un analogo studio riferito al periodo 1997-2004 si era ottenuto per lo stesso parametro un valore dello 0,60% <sup>(31)</sup> mentre nello studio MISA riferito agli anni 1996-2002 <sup>(16)</sup> si è ottenuto un incremento percentuale della mortalità per tutte le cause non violente dello 0,31%. Essendo le metodologie utilizzate confrontabili <sup>(32)</sup>, si sono ipotizzate diverse spiegazioni tra cui una modificazione nella composizione del  $\text{PM}_{10}$  verso una maggiore percentuale ascrivibile alle sostanze più tossiche, piuttosto che una aumentata suscettibilità nelle persone esposte <sup>(33)</sup>.

L'attuale evidenza scientifica indica che, all'interno di ogni popolazione, esiste un ampio spettro di suscettibilità, in cui alcuni soggetti sono più vulnerabili alla contaminazione atmosferica rispetto ad altri. Questo implica, ad esempio, un rischio maggiore di mortalità e morbosità per persone con malattie cardiache e polmonari preesistenti, specialmente tra gli anziani e tra i giovanissimi <sup>(34)</sup>.

Anche le condizioni socioeconomiche possono determinare situazioni di suscettibilità differenziale, in quanto le persone più svantaggiate sotto questo punto di vista possono essere esposte ai fattori di rischio in misura maggiore rispetto alla popolazione generale. Tra le possibili cause si può annoverare una peggiore qualità abitativa, in quanto la vicinanza di importanti sorgenti emissive deprime il valore delle proprietà immobiliari attraendo così in misura maggiore le persone con uno stato socioeconomico svantaggiato <sup>(35)</sup>, ed inoltre, le popolazioni socioeconomicamente deprivate possono essere sottoposte ad un maggior rischio a causa di un più limitato accesso al sistema sanitario e alle cure mediche <sup>(1)</sup>.

Guadagni sostanziali in termini di salute si potrebbero ottenere attraverso politiche mirate alla riduzione delle emissioni provenienti da due fonti principali: trasporto urbano e produzione di energia. Da un rapporto preparato dall'APAT <sup>(36)</sup> emerge che nelle aree metropolitane italiane la principale fonte del PM primario è rappresentata dal trasporto su strada (50-70%), emissioni che potrebbero essere ridotte adottando politiche mirate a limitare il trasporto motorizzato privato a favore del mezzo pubblico o di mezzi ecologici quali la bicicletta o a piedi <sup>(1)</sup>. Una recente proposta prevede di inserire nei contratti collettivi di lavoro, nelle realtà urbane più grandi, la possibilità di offrire abbonamenti gratuiti ai mezzi pubblici (eventualmente con parziale partecipazione del dipendente in analogia con il servizio di mensa e con possibili contributi dell'ente locale). Con questa proposta si incentiverebbe il dipendente all'uso del mezzo pubblico, l'azienda di trasporto al miglioramento del servizio ed al rinnovo del parco autoveicoli ed infine si renderebbero più accettabili le ordinanze di limitazione del traffico privato nelle aree urbane che dovranno essere presto e inevitabilmente emanate.

Le azioni rivolte al settore dei trasporti, oltre che portare benefici in termini di contaminazione ambientale, porterebbero anche ad una riduzione dell'esposizione al rumore, senza considerare che potrebbero condurre

anche a miglioramenti a livello psico-sociale, specialmente nelle fasce di età più avanzate, tenendo anche conto che tra questi molti non hanno la possibilità di utilizzare veicoli privati<sup>(1)</sup>. C'è inoltre da tenere in forte considerazione l'impatto degli incidenti stradali sulla salute: la mortalità stimata in uno studio svolto nel 2001 su 13 città italiane<sup>(1)</sup> per esposizioni a concentrazioni di PM<sub>10</sub> superiori a 30 µg/m<sup>3</sup> è confrontabile con il numero di decessi accorsi nelle stesse città per incidenti stradali<sup>(37)</sup> ai quali si deve aggiungere un grande numero di incidenti non mortali. Ovviamente, agendo su più fronti i benefici che possono essere ottenuti in termini di eventi sanitari evitabili sarebbero senz'altro maggiori. In questo contesto, in uno studio effettuato da Künzli nel 2002<sup>(38)</sup> è stato stimato l'effetto favorevole che è possibile ottenere se si riducessero i principali fattori di rischio per le malattie respiratorie, rappresentati da fumo attivo, fumo passivo e inquinamento atmosferico. Dai dati ottenuti è risultato che circa il 70% dei casi di bronchite cronica potrebbero essere prevenuti se il tasso di prevalenza del fumo attivo fosse ridotto a un valore del 5%, quello del fumo passivo fosse ridotto al 2,5%, e la concentrazione media annuale di PM<sub>10</sub> fosse ridotta a 5 µg/m<sup>3</sup>.

Questo Servizio di Epidemiologia Ambientale proseguirà l'attività di monitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico anche nei prossimi anni ed effettuerà valutazioni comparative per verificare se all'apparente miglioramento della qualità dell'aria corrisponda una reale riduzione degli effetti sanitari sulle popolazioni marchigiane.

Da quest'anno l'ARPAM è stata inserita in un progetto multicentrico nazionale di ricerca sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico e sui sottogruppi di popolazione più vulnerabili (progetto EPIAIR II).

## BIBLIOGRAFIA

1. **Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M (2006).** *Health Impact of PM<sub>10</sub> and Ozone in 13 Italian Cities.* WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark.  
<http://www.euro.who.int/document/e88700.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
2. **Cohen A J, Anderson H R, Ostro B, et al. (2005).** *The global burden of disease due to outdoor air pollution.* Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 68 (13–14) : 1301–1307.  
<http://ehs.sph.berkeley.edu/krsmith/publications/2005%20pubs/Cohen%20et%20al%20JTEH%20G BD-OAP.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
3. **Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, et al. (2006).** *Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol.* Journal of Epidemiology and Community Health, 50. suppl. 1 : S12–S18.  
<http://www.erj.ersjournals.com/cgi/reprint/8/6/1030> (ultimo accesso: 13/01/2010).
4. **Servizio Epidemiologia Ambientale dell’Agenzia regionale per la protezione ambientale delle Marche (2003) .** *L’esposizione alle polveri sottili ed il rischio per la salute nelle Marche nell’anno 2003.*  
[http://www.arpa.marche.it/doc/Pdf/epidem/Pm10\\_ed\\_effetti\\_sanitari\\_nelle\\_Marche\\_2003.pdf](http://www.arpa.marche.it/doc/Pdf/epidem/Pm10_ed_effetti_sanitari_nelle_Marche_2003.pdf) (ultimo accesso: 13/01/2010).
5. **Guizzardi M, Baldini M, Mariottini M (2007).** *Valutazione di impatto sanitario del PM<sub>10</sub> e dell’O<sub>3</sub> in 12 comuni della regione Marche nel 2006.*  
<http://www.arpa.marche.it/doc/Pdf/epidem/AirRiskAssMarche2006.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
6. **WHO European Centre for Environment and Health.** *Air Quality Impact Assessment Tool.*  
[http://www.euro.who.int/air/activities/20050223\\_5](http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_5) (ultimo accesso: 13/01/2010).
7. **ISTAT.** *Demografia in cifre [database online].* Roma, ISTAT.  
<http://demo.istat.it/> (ultimo accesso: 13/01/2010).
8. **WHO (1978).** *International classification of diseases: [9th] ninth revision, basic tabulation list with alphabetic index.* Geneva, World Health Organization .
9. **Zeger S L, Thomas D, Dominici F, et al. (2000).** *Exposure measurement error in time-series studies of air pollution: concepts and consequences.* Environmental Health Perspectives, 108. (5) : 419–426.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1638034/pdf/envhper00306-0069.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
10. **AIRNET Work Group 2 (2004).** *Air pollution and the risks to human health: epidemiology.* Utrecht, Institute for Risk Assessment Sciences.  
[http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet\\_wg2\\_epidemiology\\_report.pdf](http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet_wg2_epidemiology_report.pdf) (ultimo accesso: 13/01/2010).
11. **APAT.** *BRACE [database online].* Roma, APAT.  
<http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html> (ultimo accesso: 13/01/2010).

12. **Schwartz J (2001).** *Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admission?* *Epidemiology*, 12(1): 55-61.
13. **Krzyzanowsky M (1997).** *Methods for assessing the extent of exposure and effects of air pollution.* *Occupational and Environmental Medicine*, 54 : 145-151.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1128677/pdf/oenvmed00087-0001.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
14. **Anderson H R, Atkinson R W, Peacock J L, Marston L, Konstantinou K (2004).** *Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O<sub>3</sub>): report of a WHO task group.* Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Documento EUR/04/504268.  
<http://www.euro.who.int/document/E82792.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
15. *Quantification of Health Effects Related to SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and Particulate Matter Exposure.* Report from the Nordic Expert Meeting Oslo, 15 - 17 October 1995.
16. **Biggeri A, Bellini P, Terracini B (2004).** *Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution—MISA 1996-2002.* *Epidemiologia e Prevenzione*, Jul-Oct; 28(4-5 Suppl):4-100.
17. **Unione europea (2008).** *DIRETTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.* Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 152 : 1-44.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUri-Serv.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:IT:PDF> (ultimo accesso: 13/1/2010).
18. **WHO (2005).** *Air quality guidelines for particulate, matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfure dioxide. Global update 2005.*  
[http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf) (ultimo accesso: 13/01/2010).
19. **Ostro B (2004).** *Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at National and local levels.* Environmental Burden of Disease series n 5.  
[http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/ebd5.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5.pdf) (ultimo accesso: 13/01/2010).
20. **Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery D W (2002).** *Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study.* *Lancet*, 360 : 1210-1214.
21. **Friedman M S, Powell K E, Hutwagner L, Graham L M, Teague W G (2001).** *Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma.* *The Journal of American Medical Association*. 285 : 897-905.  
<http://jama.ama-assn.org/cgi/reprint/285/7/897> (ultimo accesso: 13/01/2010).
22. **Bayer-Oglesby L, Grize L, Gassner M, et al. (2005).** *Decline of Ambient Air Pollution Levels and Improved Respiratory Health in Swiss Children.* *Environmental Health Perspectives*, 113 : 1635-1637.  
<http://ehp.niehs.nih.gov/members/2005/8159/8159.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).

23. **Dockery D W, Pope C A, Xu X, et al. (1993).** *An association between air pollution and mortality in six US cities.* The New England Journal of Medicine, 329 : 1753–1759.  
<http://content.nejm.org/cgi/content/full/329/24/1753> (ultimo accesso: 13/01/2010).
24. **Laden F, Schwartz J, Speizer F E, Dockery D W (2006).** *Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard Six Cities study.* American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 173(6) : 667–672.  
<http://ajrccm.atsjournals.org/cgi/reprint/173/6/667> (ultimo accesso: 13/01/2010).
25. **Fung K, Krewski D, Burnett R, Dominici F (2005).** *Testing the harvesting hypothesis by time-domain regression analysis. I: baseline analysis.* Journal of Toxicology Environmental Health, Part A. Jul 9-23;68(13-14):1137-54.
26. **Ferguson E C, Maheswaran R, Daly M (2004).** *Road-traffic pollution and asthma – using modelled exposure assessment for routine public health surveillance.* International Journal of Health Geographics, 3(1): 24-30.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC526385/pdf/1476-072X-3-24.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).
27. **Lindgren A, Stroh E, Montnémy P, Nihlén U, Jakobsson K, Axmon A (2009).** *Traffic-related air pollution associated with prevalence of asthma and COPD/ chronic bronchitis. A cross-sectional study in Southern Sweden.* International Journal of Health Geographics, 8: 2.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2649061/> (ultimo accesso: 13/01/2010).
28. **U.S. Environmental Protection Agency (2004).** *Fourth External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter. Vol. I.*  
<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=87903> (ultimo accesso: 13/01/2010).
29. **Vardoulakis S, Fisher B E A., Pericleous K, Gonzalez- Flesca N (2003).** *Modelling air quality in street canyons: a review.* Atmospheric Environment, 37: 155-182.
30. **Stafoggia M, Faustini A, et al., 2009.** *Inquinamento atmosferico e mortalità in dieci città italiane.* Epidemiologia e Prevenzione; 33(6) suppl 1: 65-76.
31. **Forastiere F, Stafoggia M, Berti G et al. (2008).** *Particulate matter and daily mortality: a case-crossover analysis of individual effect modifiers.* Epidemiology; 19(4): 571-80.
32. **Biggeri A, Baccini M (2009).** *Le stime italiane degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico: metodi e risultati a confronto.* Epidemiologia e Prevenzione 2009; 33(6) suppl 1: 95-102.
33. **Cadum E, Berti G, Biggeri A, et al (2009).** *I risultati di EpiAir e la letteratura nazionale e internazionale.* Epidemiologia e Prevenzione; 33(6) suppl 1: 113-119.
34. **U.S. Environmental Protection Agency (2005).** *Review of the national ambient air quality standards for particulate matter: policy assessment of scientific and technical information.* OAQPS Staff Paper. Research Triangle Park, NC, United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards.
35. **O'Neill M S, Jerrett M, Kawachi I, et al. (2003).** *Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods.* Environmental Health Perspectives, 111(16):1861–1870.



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241758/pdf/ehp0111-001861.pdf> (ultimo accesso: 13/01/2010).

36. **APAT (2005)**. *Qualità dell'ambiente urbano. Il rapporto APAT. Edizione 2005*. Roma, APAT. <http://www.areurbane.apat.it/site/it-IT/Archivio/Pubblicazioni/Pubblicazioni/rapporto2005.html> (ultimo accesso: 13/01/2010).

37. **ISTAT & ACI (2003)**. *Statistica degli incidenti stradali – Anno 2001*. Roma, ISTAT. (Informazioni n.18 – 2003).

38. **Künzli N (2002)**. *The public health relevance of air pollution abatement*. *European Respiratory Journal*, 20: 198-209. <http://www.erj.ersjournals.com/cgi/reprint/20/1/198> (ultimo accesso: 13/01/2010).