

Valutazione di impatto sanitario del PM₁₀ e dell'O₃ in 12 comuni della regione Marche nel 2006

- Ancona, 16 aprile 2007 -

A cura di Marco Guizzardi, Marco Baldini, e Mauro Mariottini



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	2
2. MATERIALI E METODI.....	2
2.1 Popolazione in studio.....	2
2.2 Dati sanitari.....	3
2.3 Dati ambientali.....	5
2.4 Analisi statistica.....	5
3. RISULTATI.....	7
4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE.....	13
BIBLIOGRAFIA	15

1. INTRODUZIONE

Numerosi studi epidemiologici hanno documentato gli effetti avversi sulla salute umana delle esposizioni a breve termine a inquinanti atmosferici.¹⁻³ In particolare sono stati riscontrati effetti sulla mortalità per tutte le cause (escluse le violente)^{4,5} e su patologie dell'apparato respiratorio⁶⁻⁸ e cardiovascolare⁹⁻¹².

Grazie a queste basi scientifiche è possibile valutare l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico su specifiche popolazioni. L'impatto, cioè il numero di decessi e/o malattie attribuibili all'inquinamento dell'aria, è una funzione del rischio relativo, dell'intensità dell'esposizione della popolazione in studio e dei tassi di mortalità e morbosità. Gli studi di impatto sanitario non generano, quindi, nuova evidenza scientifica, ma usano quella esistente per calcolare il *burden of disease* (il peso della malattia) causato dall'inquinamento.¹³ Questi studi seguono i principi del *risk assessment*, in cui il rischio associato con l'esposizione ad un determinato agente viene stimato, ad esempio, in termini di probabilità di contrarre la malattia nel corso della vita per un soggetto esposto a un dato livello dell'inquinante.¹⁴

Molti studi di impatto sanitario sono stati condotti in Europa.^{13,15,16} In Austria, Francia e Svizzera sono stati attribuiti alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) 40.000 decessi l'anno.¹⁵ Nel Regno Unito sono stati stimati 8.100 decessi e 10.500 ricoveri l'anno per malattie respiratorie dovuti ad esposizione a PM₁₀, e 700 decessi e 500 ricoveri l'anno per malattie respiratorie dovuti ad esposizione a ozono (O₃).¹⁶ In Italia l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS), ufficio regionale per l'Europa, ha effettuato una recente valutazione sull'impatto sanitario del PM₁₀ e dell'O₃ su 13 grandi città italiane.¹³ Sono stati attribuiti, quali effetti a breve termine, al PM₁₀ l'1,5% dei decessi per tutte le cause (escluse le violente), il 2,1% di quelli per cause cardiovascolari e il 3,1% di quelli per cause respiratorie. Sono stati, inoltre, attribuiti al PM₁₀ lo 0,7% dei ricoveri ospedalieri di natura cardiaca e l'1,3% di quelli di natura respiratoria. Lo 0,6% dei decessi prematuri per tutte le cause di morte (escluse le violente) è stato poi attribuito all'O₃. Questo studio dell'OMS ha preso però in considerazione solo città con oltre 200.000 abitanti e pertanto nessun comune marchigiano è stato incluso.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di valutare l'impatto sanitario del PM₁₀ e dell'O₃ nei comuni della regione Marche per i quali, nel 2006, sono stati sistematicamente raccolti i dati relativi a questi agenti.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Popolazione in studio

Sono stati studiati i comuni della regione Marche per i quali sono stati sistematicamente raccolti i dati ambientali relativi al PM₁₀ e all'O₃ nel 2006.

I dati demografici sono stati estratti dalle statistiche nazionali (fonte: Istituto Nazionale di Statistica [ISTAT]; popolazione residente al 31 dicembre 2005 [ultimi dati disponibili]).¹⁷

I comuni considerati sono risultati 12: Ancona, Chiaravalle, Fabriano, Falconara Marittima, Montemarciano e Senigallia, per la provincia di Ancona; Ascoli Piceno e San Benedetto del Tronto, per la provincia di Ascoli Piceno; Civitanova Marche e Macerata,

per la provincia di Macerata; Fano e Pesaro, per la provincia di Pesaro-Urbino (tabella 1). La popolazione in studio è risultata composta da 564.560 residenti (tabella 1).

Tabella 1. Popolazione residente al 31 dicembre 2005 nei 12 comuni indagati.

COMUNE	POPOLAZIONE AL 31 DICEMBRE 2005
Provincia di Ancona	
Ancona	101.862
Chiaravalle	14.483
Fabriano	30.888
Falconara Marittima	28.199
Montemarciano	9.739
Senigallia	44.023
Provincia di Ascoli Piceno	
Ascoli Piceno	51.732
San Benedetto del Tronto	46.717
Provincia di Macerata	
Civitanova Marche	39.823
Macerata	42.684
Provincia Pesaro-Urbino	
Fano	62.455
Pesaro	91.955
Totale	564.560

2.2 Dati sanitari

Gli esiti sanitari di mortalità e morbosità sono stati scelti sulla base dell'evidenza scientifica disponibile¹⁻¹² e di recenti valutazioni di impatto sanitario^{13,18}.

I dati di mortalità sono stati estratti dalle statistiche nazionali (fonte: ISTAT; archivio nazionale delle cause di morte). Sono stati presi in considerazione i decessi dei residenti nei 12 comuni indagati avvenuti nel 2002 (ultimo anno disponibile) per le seguenti cause di morte: tutte, escluse le violente (International Classification of Diseases, 9th ed. [ICD-9]: 1-799); cardiovascolari (ICD-9: 390-459); respiratorie (ICD-9: 460-519, esclusa 487).

Gli esiti sanitari di morbosità sono stati indagati sulla base dei ricoveri ospedalieri (fonte: Agenzia Regionale Sanitaria della Regione Marche; archivio regionale delle schede di dimissione ospedaliera). Sono state prese in considerazione le degenze dei residenti nei 12 comuni indagati avvenute nel 2005 (ultimo anno disponibile) per patologie cardiache (ICD-9: 390-429) e respiratorie (ICD-9: 460-519, esclusa 487).

Le distribuzioni di frequenza dei decessi e dei ricoveri osservati sono riportate nelle tabelle 2 e 3. Sono stati osservati 5.331 decessi per tutte le cause, dei quali 2.418 per cause cardiovascolari e 395 per cause respiratorie (tabella 2). Sono stati, inoltre, osservati 10.251 ricoveri per patologie cardiache e 6.658 per patologie respiratorie (tabella 3).

Tabella 2. Distribuzioni di frequenza dei decessi osservati nel 2002 nei 12 comuni indagati per alcuni gruppi di cause di morte.

COMUNE	MORTALITA'		
	Tutte le cause ICD-9: 1-799	Cardiovascolari ICD-9: 390-459	Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487
Provincia di Ancona			
Ancona	1.041	480	61
Chiaravalle	161	66	13
Fabriano	309	138	26
Falconara Marittima	249	124	17
Montemarciano	79	38	8
Senigallia	470	200	45
Provincia di Ascoli Piceno			
Ascoli Piceno	538	223	50
San Benedetto del Tronto	398	188	20
Provincia di Macerata			
Civitanova Marche	360	171	21
Macerata	419	212	34
Provincia Pesaro-Urbino			
Fano	505	220	37
Pesaro	802	358	63
Totale	5.331	2.418	395

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.

Tabella 3. Distribuzioni di frequenza dei ricoveri ospedalieri osservati nel 2005 nei 12 comuni indagati per alcuni gruppi di patologie.

COMUNE	RICOVERI OSPEDALIERI	
	Cardiache ICD-9: 390-429	Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487
Provincia di Ancona		
Ancona	1.961	1.137
Chiaravalle	268	194
Fabriano	661	353
Falconara Marittima	497	313
Montemarciano	129	103
Senigallia	718	479
Provincia di Ascoli Piceno		
Ascoli Piceno	992	657
San Benedetto del Tronto	1017	604
Provincia di Macerata		
Civitanova Marche	527	486
Macerata	838	460
Provincia Pesaro-Urbino		
Fano	978	866
Pesaro	1.665	1.006
Totale	10.251	6.658

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.

2.3 Dati ambientali

Gli inquinanti atmosferici sono stati scelti sulla base di recenti valutazioni di impatto sanitario.^{13,18}

Per ogni comune indagato, sono state prese in considerazione le concentrazioni giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del PM_{10} e dell' O_3 registrate nel 2006.

Si osserva che il PM_{10} , essendo correlato con il traffico¹⁹, è considerato una buona misura del mix di particelle, polveri e gas che risultano dalla combustione di carburanti per veicoli e dalla produzione di energia elettrica e termica¹³. L'uso del PM_{10} per una valutazione di impatto sanitario consente, quindi, di evitare doppi conteggi: gli impatti potrebbero teoricamente essere stimati per molti inquinanti, ma non sommati, considerata la conoscenza limitata dei loro effetti indipendenti sulla salute. L'ozono, invece, è poco correlato con il traffico¹⁹, e, quindi, il suo impatto può essere sommato con quello del PM_{10} ¹³.

I dati orari degli inquinanti sono stati tratti dai sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria dei comuni indagati gestiti dalle relative province. Sono state prese in considerazione solamente le rilevazioni giornaliere con almeno il 75% delle misure orarie e solamente le centraline con almeno il 50% delle rilevazioni giornaliere.¹ Per ogni centralina, le rilevazioni giornaliere di PM_{10} sono state calcolate, per l'intero anno, come media delle misure orarie, mentre quelle dell' O_3 sono state calcolate, solo per il periodo aprile-settembre, come valore massimo delle medie mobili su 8 ore. Per ogni comune, le concentrazioni giornaliere di ogni inquinante sono state stimate come media delle rilevazioni giornaliere delle relative centraline. Per ogni centralina e inquinante, le rilevazioni giornaliere eventualmente mancanti sono state rimpiazzate, ove possibile, seguendo una procedura basata sui valori rilevati nello stesso giorno dalle altre centraline comunali.¹

Per ogni comune le concentrazioni giornaliere di ogni inquinante sono state utilizzate come misure di esposizione per la valutazione di impatto sanitario.

I *counterfactual*, cioè le concentrazioni di riferimento che sono ipotizzate non dannose per gli esiti sanitari studiati, sono stati scelti pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{10} e a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l' O_3 . Per il PM_{10} è stato cioè scelto un *counterfactual* piuttosto basso: è ormai solida la convinzione che non esiste una soglia minima di concentrazione di questo inquinante (anche rispetto a quella stabilita come standard di qualità dell'aria) inferiore alla quale non si registrano effetti sanitari^{20,21}. Per l' O_3 è stato invece preferito un approccio conservativo caratterizzato da un *counterfactual* piuttosto alto: è ancora limitata la conoscenza sulla forma della funzione concentrazione-risposta di questo inquinante²².

2.4 Analisi statistica

Le concentrazioni annuali del PM_{10} e di periodo dell' O_3 registrate nel 2006 nei 12 comuni indagati sono state sintetizzate come medie \pm deviazioni standard (DS).

Il numero degli eventi in eccesso è stato calcolato per ogni comune, inquinante ed esito sanitario seguendo la metodologia prevista nel software AirQ distribuito dall'OMS.²³

La proporzione di attribuibili (AP), ossia la frazione di eventi sanitari che può essere attribuita ad una esposizione di una popolazione ad un dato agente inquinante in un certo periodo di tempo, può essere calcolata usando la seguente formula:

$$AP = \text{SUM} \{ [\text{RR}(c) - 1] * p(c) \} / \text{SUM} [\text{RR}(c) * p(c)] \quad [1]$$

dove $\text{RR}(c)$ è il rischio relativo per l'evento sanitario nella categoria c di esposizione e $p(c)$ è la proporzione di popolazione nella stessa categoria.

Gli RR utilizzati per la valutazione di impatto sanitario sono descritti nella tabella 4.^{1,22,24}

Tabella 4. Rischi relativi (RR) e intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) utilizzati per il calcolo del numero degli eventi in eccesso.

ESITI SANITARI	INQUINANTE			
	PM ₁₀		O ₃	
	RR (IC 95%)	Rif. bib.	RR (IC 95%)	Rif. bib.
Mortalità				
tutte le cause (escluse le violente)	1,006 (1,004–1,008)	22	1,003 (1,001–1,004)	22
Cardiovascolari	1,009 (1,005–1,013)	22	1,004 (1,003–1,005)	22
Respiratorie	1,013 (1,005–1,020)	22	1,013 (1,005–1,021)	24
Morbosità (ricoveri ospedalieri)				
Cardiache	1,003 (1,000–1,006)	1	-	
Respiratorie	1,006 (1,002–1,011)	1	1,005 (0,998–1,012)*	24

Abbreviazioni: PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O₃, 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'O₃, il limite inferiore dell'IC è stato posto pari a 1 per la valutazione di impatto sanitario.

La funzione concentrazione-risposta è stata ipotizzata di tipo lineare. La distribuzione della popolazione esposta è stata determinata sulla base delle concentrazioni giornaliere dell'agente considerato.

Data o stimata l'incidenza (I) dell'esito sanitario studiato, può essere calcolato il numero di casi per unità di popolazione attribuibili all'esposizione (IE):

$$IE = I * AP. \quad [2]$$

In seguito il numero di eventi attribuibili all'esposizione (NE) può essere calcolato:

$$NE = IE * N \quad [3]$$

dove N è la dimensione della popolazione in studio.

Conseguentemente l'incidenza dell'esito in una popolazione di non esposti (INE) può essere stimata come segue:

$$INE = I - IE = I * (1 - AP) \quad [4]$$

Gli eccessi di incidenza (I+(c)) e il numero di eventi in eccesso in una certa categoria di esposizione c possono essere quindi stimati mediante la [5] e la [6]:

$$I+(c) = (RR(c) - 1) * p(c) * INE \quad [5]$$

$$N+(c) = I+(c) * N. \quad [6]$$

Utilizzando gli RR descritti nella tabella 4 sono stati così stimati gli eventi in eccesso con i relativi intervalli di confidenza al 95% (IC 95%) per ogni comune, inquinante ed esito sanitario.

3. RISULTATI

Le medie \pm deviazioni standard (DS), delle concentrazioni annuali del PM₁₀ e di periodo dell'O₃ registrate nel 2006 nei 12 comuni indagati sono riportate nella tabella 5.

Tabella 5. Medie \pm deviazioni standard (DS), delle concentrazioni giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) delle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) e dell'ozono (O₃) registrate nel 2006 nei 12 comuni indagati.

COMUNE	INQUINANTE					
	PM ₁₀ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$			O ₃ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Media	\pm	DS	Media	\pm	DS
Provincia di Ancona						
Ancona	52,1	\pm	20,1	55,6	\pm	18,0
Chiaravalle	42,8	\pm	16,5	90,4	\pm	23,6
Fabriano	42,7	\pm	18,4			n.d.
Falconara Marittima	43,0	\pm	18,7	80,7	\pm	18,4
Montemarciano	49,9	\pm	20,8			n.d.
Senigallia	59,8	\pm	22,9			n.d.
Provincia di Ascoli Piceno						
Ascoli Piceno	28,1	\pm	11,0			n.d.
San Benedetto del Tronto	35,9	\pm	16,3			n.d.
Provincia di Macerata						
Civitanova Marche	51,6	\pm	21,4			n.d.
Macerata	34,7	\pm	13,2			n.d.
Provincia Pesaro-Urbino						
Fano	53,8	\pm	23,0			n.d.
Pesaro	46,2	\pm	20,2			n.d.

Abbreviazioni: PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O₃, ozono; DS, deviazione standard; n.d., non disponibile a causa della mancanza delle rilevazioni ambientali.

Solamente i comuni di Ascoli Piceno, Macerata e San Benedetto del Tronto sono riusciti a rispettare il vincolo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dalla direttiva 99/30/EC²⁵ (Unione Europea, 1999) e dalle norme nazionali sulla media annuale del PM_{10} , mentre nessuno è rientrato in quello di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che rappresenta il limite da raggiungere entro il 2010²⁵. Relativamente all' O_3 , sono stati riscontrati valori superiori a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, *cut-off* indicato dall'UNECE per la quantificazione degli effetti sanitari di questo inquinante²⁶, in 2 dei 3 comuni per i quali sono stati sistematicamente raccolti i dati relativi a questo agente.

I risultati relativi alla valutazione di impatto sanitario per i 12 comuni indagati sono riportati nelle tabelle 6-9 rispettivamente per le province di Ancona, Ascoli Piceno, Macerata e Pesaro-Urbino.

Nei comuni indagati nella provincia di Ancona sono risultati complessivamente attribuibili al PM_{10} 56 decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 38 per cause cardiovascolari e 9 per cause respiratorie, oltre a 51 ricoveri per cause cardiache e a 61 per cause respiratorie. In particolare, nel solo comune di Ancona, sono stati attribuiti al PM_{10} 26 (IC 95%: 17-34) decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 18 (IC 95%: 10-25) per cause cardiovascolari e 3 (IC 95%: 1-5) per cause respiratorie, oltre a 24 (IC 95%: 0-48) ricoveri per cause cardiache e a 28 (IC 95%: 9-50) per cause respiratorie (tabella 6). L'impatto dell' O_3 è risultato marginale (tabella 6).

Nei comuni indagati nella provincia di Ascoli Piceno sono risultati complessivamente attribuibili al PM_{10} 12 decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 8 per cause cardiovascolari e 2 per cause respiratorie, oltre a 13 ricoveri per cause cardiache e a 16 per cause respiratorie. In particolare, nel solo comune di San Benedetto del Tronto, sono stati attribuiti al PM_{10} 6 (IC 95%: 4-8) decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 4 (IC 95%: 2-6) per cause cardiovascolari e 1 (IC 95%: 0-1) per cause respiratorie, oltre a 8 (IC 95%: 0-16) ricoveri per cause cardiache e a 9 (IC 95%: 3-17) per cause respiratorie (tabella 7).

Nei comuni indagati nella provincia di Macerata sono risultati complessivamente attribuibili al PM_{10} 15 decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 11 per cause cardiovascolari e 2 per cause respiratorie, oltre a 12 ricoveri per cause cardiache e a 19 per cause respiratorie. In particolare, nel solo comune di Civitanova Marche, sono stati attribuiti al PM_{10} 9 (IC 95%: 6-12) decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 6 (IC 95%: 3-9) per cause cardiovascolari e 1 (IC 95%: 0-2) per cause respiratorie, oltre a 6 (IC 95%: 0-13) ricoveri per cause cardiache e a 12 (IC 95%: 4-21) per cause respiratorie (tabella 8).

Nei comuni indagati nella provincia di Pesaro-Urbino sono risultati complessivamente attribuibili al PM_{10} 30 decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 19 per cause cardiovascolari e 5 per cause respiratorie, oltre a 31 ricoveri per cause cardiache e a 44 per cause respiratorie. In particolare, nel solo comune di Pesaro, sono stati attribuiti al PM_{10} 17 (IC 95%: 12-23) decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 11 (IC 95%: 6-16) per cause cardiovascolari e 3 (IC 95%: 1-4) per cause respiratorie, oltre a 18 (IC 95%: 0-36) ricoveri per cause cardiache e a 22 (IC 95%: 7-39) per cause respiratorie (tabella 9).

Tabella 6. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) e all'ozono (O₃) in alcuni comuni della provincia di Ancona nel 2006.

COMUNE	MORTALITÀ						RICOVERI OSPEDALIERI		
	Tutte le Cause ICD-9: 1-799		Cause Cardiovascolari ICD-9: 390-459		Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487		Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-IX: 460-519, esclusa 487	
	INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE		INQUINANTE	INQUINANTE	
	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	O ₃ Rif. 70µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	O ₃ Rif. 70µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	O ₃ Rif. 70µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	O ₃ Rif. 70µg/m ³
	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	26 (17-34)	1 (0-1)	18 (10-25)	<1	3 (1-5)	<1	24 (0-48)	28 (9-50)	1 (0-3)
Chiaravalle	3 (2-4)	1 (0-1)	2 (1-3)	1 (0-1)	1 (0-1)	<1	3 (0-5)	4 (1-7)	2 (0-5)
Fabriano	6 (4-8)	n.d.	4 (2-6)	n.d.	1 (0-2)	n.d.	6 (0-13)	7 (2-12)	n.d.
Falconara M.ma	5 (3-6)	1 (0-1)	4 (2-5)	1 (0-1)	1 (0-1)	<1	5 (0-10)	6 (2-11)	2 (0-5)
Montemarciano	2 (1-2)	n.d.	1 (1-2)	n.d.	<1	n.d.	2 (0-3)	2 (1-4)	n.d.
Senigallia	14 (9-18)	n.d.	9 (5-12)	n.d.	3 (1-4)	n.d.	11 (0-21)	14 (5-25)	n.d.

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.; PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; O₃, ozono; Rif., valore di riferimento dell'inquinante; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza delle rilevazioni ambientali.

Tabella 7. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) in due comuni della provincia di Ascoli Piceno nel 2006.

COMUNE	MORTALITÀ			RICOVERI OSPEDALIERI	
	Tutte le Cause ICD-9: 1-799	Cause Cardiovascolari ICD-9: 390-459	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-IX: 460-519, esclusa 487
	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE
	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³
	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%)
Ascoli Piceno	6 (4-8)	4 (2-5)	1 (0-2)	5 (0-1)	7 (2-13)
San Benedetto del Tronto	6 (4-8)	4 (2-6)	1 (0-1)	8 (0-16)	9 (3-17)

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.; PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; Rif., valore di riferimento dell'inquinante; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza delle rilevazioni ambientali.

Tabella 8. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) in due comuni della provincia di Macerata nel 2006.

COMUNE	MORTALITÀ			RICOVERI OSPEDALIERI	
	Tutte le Cause ICD-9: 1-799	Cause Cardiovascolari ICD-9: 390-459	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-IX: 460-519, esclusa 487
	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE
	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³
	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%)
Civitanova Marche	9 (6-12)	6 (3-9)	1 (0-2)	6 (0-13)	12 (4-21)
Macerata	6 (4-8)	5 (3-7)	1 (0-2)	6 (0-12)	7 (2-12)

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.; PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; Rif., valore di riferimento dell'inquinante; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza delle rilevazioni ambientali.

Tabella 9. Eventi sanitari in eccesso attribuibili alle polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico (PM₁₀) in due comuni della provincia di Pesaro Urbino nel 2006.

COMUNE	MORTALITÀ			RICOVERI OSPEDALIERI	
	Tutte le Cause ICD-9: 1-799	Cause Cardiovascolari ICD-9: 390-459	Cause Respiratorie ICD-9: 460-519, esclusa 487	Cause Cardiache ICD-9: 390-429	Cause Respiratorie ICD-IX: 460-519, esclusa 487
	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE	INQUINANTE
	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³	PM ₁₀ Rif. 10µg/m ³
	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%)
Fano	13 (9-17)	8 (5-12)	2 (1-3)	13 (0-25)	22 (8-40)
Pesaro	17 (12-23)	11 (6-16)	3 (1-4)	18 (0-36)	22 (7-39)

Abbreviazioni: ICD-9, international classification of diseases 9th ed.; PM₁₀, polveri al di sotto di 10 micron di diametro aerodinamico; Rif., valore di riferimento dell'inquinante; IC 95%, intervallo di confidenza al 95%; n.d., non disponibile a causa della mancanza delle rilevazioni ambientali.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

I risultati della valutazione di impatto sanitario mostrano che ogni anno nei 12 comuni indagati sono complessivamente attribuibili a concentrazioni di PM_{10} superiori a $10 \mu g/m^3$ 113 decessi per tutte le cause (escluse le violente), dei quali 76 per cause cardiovascolari e 18 per cause respiratorie, oltre a 107 ricoveri per cause cardiache e a 140 per cause respiratorie. L'impatto dell' O_3 è risultato piuttosto marginale anche a causa dell'approccio conservativo seguito nella scelta del relativo *counterfactual*.

Tali risultati vanno intesi, ovviamente, solo come stime di impatto sanitario a breve termine. In passato è stato sostenuto che, proprio nel breve termine, l'inquinamento atmosferico anticipa di poco delle morti che in ogni caso non sarebbero state evitabili: l'effetto prende il nome di *harvesting* (mietitura). È stato successivamente confermato che ciò non è del tutto vero. Infatti, quando l'inquinamento atmosferico aumenta vi sono sì degli eccessi di mortalità dovuti alle morti anticipate di soggetti verosimilmente in particolari condizioni di salute, ma questi eccessi non sono poi seguiti da un successivo deficit di mortalità compensativo.

I risultati ottenuti non sono purtroppo pienamente confrontabili con quelli emersi da una precedente valutazione di impatto sanitario eseguita da questo Servizio nel 2003 su alcuni comuni marchigiani, principalmente a causa dei differenti RR adottati per il calcolo degli eventi attribuibili.²⁸ Tuttavia, anche il precedente studio aveva riscontrato un alto *burden of disease* del PM_{10} sia in termini di decessi che di ricoveri ospedalieri.²⁸

Lo studio condotto presenta comunque diversi limiti (ne seguono alcuni). La validità dei risultati dipende dall'attendibilità dei RR utilizzati e dal rapporto di causalità esistente tra l'inquinante e l'effetto sanitario rilevato, oltre che dall'assenza di confondenti o modificatori di effetto e dalla rappresentatività della stima della popolazione esposta.²²

Non è stato possibile tenere in considerazione la presenza di sottogruppi particolarmente suscettibili (es. comunità socioeconomicamente svantaggiate) a causa della mancata disponibilità di opportuni coefficienti di concentrazione-risposta. Non sono stati, inoltre, valutati altri esiti sanitari probabilmente associati all'inquinamento a causa della scarsa attendibilità della stima dei corrispondenti RR presenti in letteratura (es. mortalità infantile).¹³ Tutto ciò potrebbe aver causato una sottostima del globale impatto sanitario. Le analisi statistiche effettuate hanno considerato, inoltre, tutti gli abitanti di una stessa città come mediamente esposti alle stesse concentrazioni degli inquinanti. Questa ipotesi, pur essendo in parte giustificata dalla notevole capacità di diffusione del PM_{10} , costituisce un ulteriore limite alla validità dei risultati ottenuti. La gran parte delle centraline di monitoraggio dell'inquinamento, inoltre, sono di tipologia "traffico" quindi poco rappresentative delle aree residenziali.

In conclusione, è stata effettuata una valutazione dell'impatto sanitario del PM_{10} e dell' O_3 in 12 comuni della regione Marche nel 2006 e i risultati hanno mostrato che il peso del PM_{10} è consistente sia in termini di decessi che di ricoveri ospedalieri. Questi risultati offrono un nuovo, seppur modesto, contributo che potrebbe sensibilizzare ulteriormente i decisori politici al problema dell'inquinamento atmosferico. Secondo l'OMS, le emissioni provenienti dalle maggiori fonti urbane, specialmente quelle originate dal traffico, devono essere sostanzialmente ridotte attraverso politiche che mirino a limitare il trasporto motorizzato privato e che incentivino quello pubblico e favoriscano la mobilità



Dipartimento di Ancona – Servizio Epidemiologia Ambientale

in bicicletta e a piedi.¹³ Si sottolinea, infine, la necessità di continuare a monitorare l’impatto sanitario degli inquinanti atmosferici nella regione Marche anche allo scopo di valutare l’efficacia delle azioni intraprese per affrontare queste tematiche.

BIBLIOGRAFIA

1. Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution—MISA 1996-2002. *Epidemiol Prev.* 2004 Jul-Oct;28(4-5 Suppl):4-100.
2. Wordley J, Walters S, Ayres J. Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occup Environ Med* 1997;54:108–16.
3. Analitis A, Katsouyanni K, Dimakopoulou K, et al. Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality. *Epidemiology.* 2006;17: 230-233.
4. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, et al. Acute effects of ozone on mortality from the “air pollution and health: a European approach” project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 2004;170(10):1080–1087.
5. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA 2 Project. *Epidemiology.* 2001;12:521-531.
6. Spix C, Anderson HR, Schwartz J, et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. Air Pollution and Health: a European Approach. *Arch Environ Health* 1998;53:54–64.
7. Sunyer J, Spix C, Quenel P, et al. Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA project. *Thorax* 1997;52:760–765.
8. Dockery DW, Pope CA III. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health.* 1994;15: 107-132.
9. Zanobetti A, Schwartz J. The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multi-city case-crossover analysis. *Environ Health Perspect.* 2005;113:978–982.
10. D’Ippoliti D, Forastiere F, Ancona C, et al. Air pollution and myocardial infarction in Rome: a case-crossover analysis. *Epidemiology.* 2003;14:528–535.
11. Mann JK, Tager IB, Lurmann F, et al. Air pollution and hospital admissions for ischemic heart disease in persons with congestive heart failure or arrhythmia. *Environ Health Perspect.* 2002;110:1247–1252.
12. Schwartz J. Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular Disease in Tucson. *Epidemiology.* Jul 1997;8(4):371–377.
13. Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, et al. Health Impact of PM10 and Ozone in 13 Italian Cities. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2006. Disponibile on-line all’indirizzo http://www.euro.who.int/healthimpact/MainActs/20020619_2 (ultimo accesso: 26/03/2007).
14. Hertz-Picciotto I. Epidemiology and quantitative risk assessment: a bridge from science to policy. *American Journal of Public Health.* 1995;85(4):484–493.
15. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European Assessment. *Lancet* 2000; 356(9232):795-801.
16. Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Quantification of the effects of air pollution on health in the United Kingdom. London, The Stationery Office, 1998. Disponibile on-line all’indirizzo <http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/comeap/statementsreports/airpol7.htm> (ultimo accesso: 26/03/2007).
17. ISTAT. Bilancio demografico anno 2005 e popolazione residente al 31 Dicembre. Disponibile on-line all’indirizzo <http://demo.istat.it/bil2005/index.html> (ultimo accesso: 26/03/2007).

18. Fintan H, Hunt A, Cowie H, et al. Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE. Vol. 2: Health impact assessment. *Didcot, Oxon, United Kingdom, AEA Technology Environment 2005 (AEAT/ED51014/Methodology Volume 2 Issue 1; http://europa.eu.int/comm/environment/air/cape/pdf/cba_methodology_vol2.pdf, ultimo accesso: 26/03/2007).*
19. Hwang BF, Lee YL, Lin YC, et al. Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children. *Thorax 2005, 60:467-473.*
20. Dominici F, Daniels M, McDermott A, et al. Shape of the exposure-response relation and mortality displacement in the NMMAPS database. In: Revised analyses of time-series studies of air pollution and health – revised analyses of the National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II. Revised analyses of selected time-series studies. 2003, Boston, *Health Effects Institute: 91–96.*
21. Samoli E, Analitis A, Touloumi G, et al. Estimating the exposure-response relationships between particulate matter and mortality within the APHEA multicity project. *Environmental Health Perspectives 2005, 113(1):88–95.*
22. Anderson HR, Atkinson RW, Peacock JL, et al. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O3): report of a WHO task group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. *Documento EUR/04/5042688, disponibile on-line all'indirizzo <http://www.euro.who.int/document/E82792.pdf> (ultimo accesso: 26/03/2007).*
23. WHO-ECEH AirQ Manual Version 2.2.3 2004.
24. Quantification of Health Effects Related to SO₂, NO₂, O₃ and Particulate Matter Exposure. *Report from the Nordic Expert Meeting Oslo, 15 - 17 October 1995.*
25. Unione Europea. Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Official Journal of the European Union, L163(29/06/1999):41–60.*
26. UNECE. Modelling and assessment of the health impact of particulate matter and ozone. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2004. *Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.unece.org/env/documents/2004/eb/wg1/eb.air.wg1.2004.11.e.pdf> (ultimo accesso: 26/03/2007).*
27. Martuzzi M, Krzyzanowski M, Bertollini R. Health impact assessment of air pollution: providing further evidence for public health action. *Eur Respir J 2003, 21 Suppl 40: 86s-91s.*
28. Servizio Epidemiologia Ambientale dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale delle Marche. L'esposizione alle polveri sottili ed il rischio per la salute nelle Marche nell'anno 2003. *Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.arpa.marche.it/doc/Pdf/epidem/Aria%20ed%20effetti%20sanitari%20nella%20provincia%20di%20Ancona.pdf> (ultimo accesso: 26/03/2007).*