- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

Il rischio sanitario in relazione alla qualità dell'aria

Elena Fattore
Viviana Paiano
Unità di Valutazione di Rischio
degli Inquinanti Ambientali
Dipartimento Ambiente e Salute,
IRFMN Milano
fattore@marionegri.it

ABSTRACT

Air quality and health risks.

▶ **Objectives.** *The present study concerns a health risk assessment in relationship to air quality in two municipalities near Brescia located in an area with high industrial and residential pressure. The purpose was to provide quantitative data on the impact of air pollution on the health of people living in the two municipalities.*

▶ **Methods.** *We applied the approach proposed by the World Health Organization (WHO) using the AirQ 2.2.3 software developed by the WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division. The software allows an assessment of the impact on human health of air quality in a specific area and period, using experimental data.*

▶ **Results.** *The highest health impact was found for $PM_{2.5}$ (particulate matter < 2.5 μm), which caused 8 excess cases of total mortality in a year and 421 and 1342 years of life lost (YoLL) in one and 10 years of the simulation, respectively. The impact of ozone on total mortality was of 3.6 of excess cases in one year.*

▶ **Conclusions.** *The results of this study are consistent with those obtained in other investigations on the impact of air quality on human health. Moreover, the AirQ software seems to be an effective and easy tool for providing quantitative data on the impact of air pollutants on the health of people living in specific areas.*

▶ **Key words.** *Ozone | fine particulate | AirQ | health risk | excess | mortality.*

RIASSUNTO

▶ **Obiettivi.** Il presente lavoro riguarda una valutazione di rischio tossicologico-sanitario in relazione alla qualità dell'aria a Mazzano e Rezzato, due comuni in provincia di Brescia che si collocano in un'area ad elevata pressione industriale ed abitativa. Lo scopo era di fornire dati quantitativi relativi all'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione residente.

▶ **Metodi.** La metodologia utilizzata nel presente studio ha fatto riferimento all'approccio proposto dalla *World Health Organization* (WHO) mediante l'utilizzo del software AirQ 2.2.3 sviluppato dal WHO *European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division*. Il programma AirQ permette la valutazione e la quantificazione dell'impatto potenziale dell'esposizione a determinati inquinanti

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

atmosferici sulla salute umana in un certo periodo di tempo e in una certa area, partendo dai valori sperimentali degli inquinanti stessi.

▶ **Risultati.** L'impatto maggiore è risultato per l'esposizione al $PM_{2.5}$ (particelle con diametro aerodinamico < 2,5 µm), per il quale è stato stimato un numero di morti in eccesso pari a 8 in un anno e la perdita di 421 e 1342 anni di vita in un anno e dieci anni, rispettivamente. Per quanto riguarda l'ozono, l'effetto sulla mortalità totale è risultato di 3,6 casi in eccesso in un anno.

▶ **Conclusioni.** L'impatto sulla salute dovuto alla qualità dell'aria è risultato coerente con i risultati di altre valutazioni, indicando come il programma AirQ può essere una metodologia efficace e di facile utilizzo per fornire dati quantitativi sull'impatto dell'inquinamento atmosferico in un certa area di indagine.

▶ **Parole chiave.** Ozono | particolato sottile | AirQ | rischio sanitario | mortalità in eccesso.

INTRODUZIONE

L'analisi di rischio sanitario-ambientale: strumento di gestione e valutazione per la salute umana.

L'analisi di rischio sanitario-ambientale è attualmente lo strumento più avanzato di supporto alle decisioni nella gestione dei siti contaminati e consente di valutare i rischi per la salute umana connessi alla presenza di inquinanti nelle matrici ambientali.

Il rischio sanitario è definito come:

$$R = ExT$$

dove:

E = Esposizione (definisce la condizione in cui un composto chimico viene a contatto con il recettore ed è il termine che quantifica la probabilità di contatto degli inquinanti con i bersagli);

T = Tossicità di un composto chimico (stimata mediante studi scientifici condotti da organismi internazionali, fornita sotto forma di valori di potenziale cancerogeno o di dose massima tollerabile, a seconda che si tratti di una sostanza cancerogena o non cancerogena).

In particolare, uno studio di valutazione di rischio consiste nella stima delle conseguenze sulla salute umana di un evento potenzialmente dannoso in termini di probabilità che le stesse conseguenze si verifichino.

Il rischio sanitario include l'esposizione ad un composto chimico e l'insorgenza di tossicità.

Il presente lavoro riguarda una valutazione di rischio tossicologico-sanitario in relazione alla qualità dell'aria nei comuni di Mazzano e Rezzato, due comuni in provincia di Brescia che si collocano in un'area ad elevata densità industriale e abitativa, con lo scopo di fornire dati quantitativi relativi all'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione residente.

Gli inquinanti selezionati per questa valutazione di rischio sono l'ozono (O_3), e il particolato sottile ($PM_{2.5}$ e PM_{10}).

Ozono

L'ozono è un gas e un costituente naturale dell'atmosfera, ma può anche essere considerato un inquinante secondario. La tossicità dell'ozono è dovuta alla sua potente azione ossidante, inducendo stress ossidativo sia direttamente attraverso l'ossidazione delle componenti cellulari sia, indirettamente attraverso l'infiammazione[1].

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

L'ozono penetra nell'organismo quasi esclusivamente attraverso l'inalazione, e l'assorbimento avviene principalmente nel tratto superiore delle vie respiratorie. Studi recenti hanno ulteriormente confermato l'esistenza di un'associazione tra l'esposizione a breve termine a livelli ambientali di ozono e la mortalità evidenziando danni alle funzioni polmonari e, come conseguenza immediata, l'impoverimento delle difese antiossidanti delle vie respiratorie. Gli effetti più marcati evidenziati nei vari studi si presentano infatti per la mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie[2].

Ozono e particolato sottile sono gli inquinanti per questa valutazione di rischio.

Relativamente agli aspetti cronici gli studi con gli animali indicano che l'esposizione cronica ad ozono induce cambiamenti significativi nelle vie respiratorie a livello dei bronchioli.

Particolato sottile ($PM_{2.5}$ e PM_{10})

Il particolato atmosferico è una miscela complessa di particelle costituite da sostanze organiche e inorganiche condensate in fase liquida o solida. Queste particelle differiscono per composizione, origine e dimensioni. I principali costituenti sono rappresentati da solfati, nitrati, cloruro di sodio, carbonio, minerali, acqua, metalli e idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

La tossicità delle particelle è funzione della loro composizione chimica e delle loro dimensioni, le quali determinano la profondità di penetrazione nelle vie respiratorie: le particelle con un diametro aerodinamico compreso tra 2,5 e 10 µm (frazione grossolana del PM_{10}) penetrano nella parte superiore delle vie aeree e nei polmoni; le particelle più fini, invece, con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm ($PM_{2.5}$), penetrano più in profondità nei polmoni e possono raggiungere gli alveoli.

L'inalazione è l'unico mezzo di esposizione per il particolato sospeso. Al momento non vi sono evidenze significative dell'esistenza di una soglia di tossicità per il particolato sottile, cioè dell'esistenza di un valore di concentrazione al di sotto del quale non si manifestino effetti avversi sulla salute umana. Effetti tossici avversi, infatti, sono stati evidenziati per livelli di concentrazione di $PM_{2.5}$ di poco inferiori ai livelli di fondo ambientale[3]. Inoltre, vi è oramai sicurezza nell'affermare che la frazione fine con una maggiore capacità di penetrazione nelle vie respiratorie è più pericolosa di quella grossolana, considerando la mortalità e i disturbi cardiovascolari associati. Gli studi epidemiologici sugli effetti avversi sulla salute in seguito a esposizione a PM_{10} riguardano l'esposizione sia a breve che a lungo termine[4] ed evidenziano nel caso di esposizioni per breve periodo un aumento della mortalità intorno allo 0,5% per ogni incremento giornaliero di 10 µg/m^3, nel caso di esposizione a lungo termine una riduzione dell'aspettativa di vita[1] soprattutto a causa dell'aumento della mortalità per malattie cardiopolmonari e per il cancro al polmone.

Per essi, l'inalazione è il mezzo di esposizione al composto.

METODI

La metodologia utilizzata nel presente studio ha fatto riferimento all'approccio proposto dalla *World Health Organization* (WHO) mediante l'utilizzo del software AirQ 2.2.3 sviluppato dal *WHO European Centre for Environment and Health, Bilthoven Division*. Il programma AirQ permette la valutazione e la quantificazione dell'impatto potenziale dell'esposizione a

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

determinati inquinanti atmosferici sulla salute umana in un certo periodo di tempo e in una certa area, partendo dai valori sperimentali degli inquinanti stessi.

Rischio attribuibile e rischio relativo entrano nella valutazione dell'impatto sulla salute.

L'impatto sulla salute è basato sul concetto di Rischio Attribuibile (RA) definito come la proporzione degli eventi sfavorevoli che in una data popolazione è attribuibile all'esposizione (assumendo l'esistenza di un'associazione causale tra esposizione ed effetto e che non vi siano importanti fattori confondenti in tale associazione).

La formula che permette il calcolo del RA è la seguente[5]:

$$RA = \Sigma\{[RR(c)-1]\times p(c)\}/[RR(c)\times p(c)]$$

dove:

RR (c) = Rischio Relativo per un dato effetto dovuto alla concentrazione "c" di esposizione.

P (c) = Proporzione di popolazione esposta alla concentrazione "c".

Conoscendo l'incidenza di base (tasso grezzo per 100.000 abitanti) dell'evento sanitario nella popolazione in esame, il tasso attribuibile all'esposizione può essere calcolato come:

$$IE = I \times RA$$

dove:

IE = tasso grezzo dell'evento sanitario attribuibile all'esposizione;

I = tasso grezzo dell'evento sanitario nella popolazione in esame.

Sulla base delle dimensioni della popolazione, quindi, il tasso attribuibile all'esposizione può essere convertito in numeri di casi attribuibili:

$$NE = IE \times N$$

dove:

NE = numero di casi stimato attribuibili all'esposizione;

IE = tasso grezzo attribuibile all'esposizione;

N = dimensione della popolazione.

Il programma è predisposto per valutare l'impatto dell'esposizione sui seguenti effetti sanitari:

Mortalità e morbilità quale impatto dell'esposizione.

- **mortalità (numero di morti in un determinato periodo di tempo)**; mortalità totale (tutte le cause esclusi gli incidenti); mortalità per malattie cardiovascolari per tutte le età; mortalità per malattie respiratorie per tutte le età;
- **morbilità (numero di casi in un determinato periodo di tempo)**; ***cronici***: ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie; ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie per gruppi specifici di età; ricoveri ospedalieri per asma per gruppi specifici di età; ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari; malattie polmonari croniche ostruttive (COPD); ***acuti***: infarto miocardico acuto; bronchiti per classi di età; attacchi d'asma nei bambini; attacchi d'asma negli adulti.

Nella pratica la valutazione dell'impatto sulla salute, una volta inseriti i valori di esposizione per la popolazione sotto indagine, può essere effet-

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

tuata o utilizzando i valori di RR forniti dalla WHO, o sostituendo tali valori con quelli specifici relativi alla popolazione sotto studio.

Nella presente valutazione sono stati utilizzati i valori di *default* proposti e implementati dalla WHO per quanto riguarda i valori di RR mentre per quanto riguarda l'incidenza di base dell'esito sanitario nella popolazione sono stati utilizzati valori specifici (tabella I).

Il programma AirQ calcola anche l'impatto sulla salute dovuto all'esposizione a lungo termine, assumendo che il livello di inquinamento rimanga costante per gli anni della simulazione. Per tale computazione è necessario l'inserimento dei dati relativi alla struttura della popolazione e alla mortalità specifica per classi di età, utilizzati per calcolare il numero di persone sopravvissute e il numero di morti per ogni classe di età. L'impatto sulla salute viene misurato mediante:

- riduzione dell'aspettativa di vita per certe classi di età;
- anni di vita persi (YoLL) nel primo anno della simulazione;
- anni di vita persi nei successivi 10 anni.

Anche in questo caso i coefficienti di rischio per tale computazione derivano dagli studi epidemiologici di coorte (tabella I) che hanno mostrato un incremento di rischio di mortalità per popolazioni che vivono per tempi lunghi in aree con livelli di inquinamento atmosferico più elevati rispetto alla media[6].

I valori di concentrazione utilizzati per la valutazione dell'esposizione delle persone residenti nell'area oggetto di studio sono stati forniti dalle analisi svolte da "Consulenze Ambientali S.p.A." di Scanzorosciate (BG), condotte con laboratori mobili in 4 postazioni (2 per comune) e in 20 ulteriori stazioni con 2-3 giorni di misura (solo per il particolato). Le analisi sono state effettuate durante una campagna estiva (settembre 2006) e una invernale (gennaio 2007) al fine di tenere conto delle diverse condizioni atmosferiche e del funzionamento o meno degli impianti termici di riscaldamento. L'utilizzo di un numero limitato di giorni di campionamento come rappresentativo di un anno è un'approssimazione che può portare a

Nel calcolo dell'impatto sulla salute si considerano la composizione della popolazione e la mortalità specifica per classi di età.

Tabella I. Valori di incidenza di base e valori di rischio relativo (RR), con corrispondenti intervalli di confidenza (CI), implementati nel software AirQ e utilizzati per stimare gli effetti sanitari in questo studio.

	Incidenza di base	RR (95% CI) per 10µg/m3		
		Ozono (media oraria)	$PM_{2.5}$ (media giornaliera)	PM_{10} (media giornaliera)
Mortalità per tutte le cause	735,7[a]	1,0046 (1,0028-1,0066)	1,015 (1,011-1,019) 1,14 (1,04-1,24)[c]	1,0074 (1,0062-1,0086)
Mortalità per malattie cardiovascolari	283,4[b]	1,004 (1,002-1,006)		1,008 (1,005-1,018)
Mortalità per malattie respiratorie	58[b]	1,008 (1,004-1,012)		1,012 (1,008-1,037)

[a] tasso grezzo stimato su 100.000 abitanti per la popolazione di Mazzano e Rezzato;
[b] tasso grezzo stimato su 100.000 abitanti per il distretto 3 della provincia di Brescia;
[c] lungo termine.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

una sottostima della variabilità delle concentrazioni che si possono verificare in un anno e di conseguenza può portare a una sottostima o sovrastima delle concentrazioni di esposizione e degli effetti sanitari. Tuttavia, da un'analisi di sensibilità condotta confrontando i risultati ottenuti con la serie completa dei dati per un anno e quelli per periodi più limitati, corrispondenti a quelli della presente indagine, è stato valutato che tale approssimazione non modifica in modo sostanziale i risultati sull'impatto sanitario.

L'esposizione viene calcolata dal programma AirQ assumendo che le concentrazioni misurate siano rappresentative dell'esposizione media della popolazione residente nei due comuni (10.950 e 13.127 persone per Mazzano e Rezzato, rispettivamente). I dati di concentrazione vengono suddivisi in categorie di esposizione alle quali è soggetta la popolazione, ovvero il programma assume che, se ad esempio nel 5% dei giorni di campionamento vengono misurate concentrazioni di particolato inferiore a 10 μg/m^3, la popolazione residente è esposta, durante l'anno, per il 5% del tempo alla corrispondente concentrazione, e così via.

I dati di concentrazione vengono suddivisi in categorie di esposizione alle quali è soggetta la popolazione.

RISULTATI

Valutazione dell'esposizione

I valori di concentrazione di ozono, espressi in termini di concentrazione media oraria e media mobile su 8 ore e i valori di concentrazione di $PM_{2.5}$, espressi in termini di concentrazione media oraria, sono stati elaborati al fine di derivare i parametri statistici richiesti dal programma (valore massimo annuale, stagionale e 98° percentile della media oraria e media giornaliera) e sono stati suddivisi in categorie di concentrazione di 10 μg/m^3 per il calcolo delle corrispondenti categorie di esposizione (figura 1 a, b). Per quanto riguarda l'esposizione a particolato sottile, oltre ai valori di concentrazione misurati con i laboratori mobili e le stazioni fisse di campionamento, sono stati utilizzati anche i valori di PM_{10} forniti dalla centralina ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) di Rezzato per l'intero anno 2006 (figura 1 c).

Per il $PM_{2.5}$ è stata presa in considerazione anche l'esposizione a lungo termine che è stata valutata utilizzando il valore della media annuale, corrispondente a 42 μg/m^3.

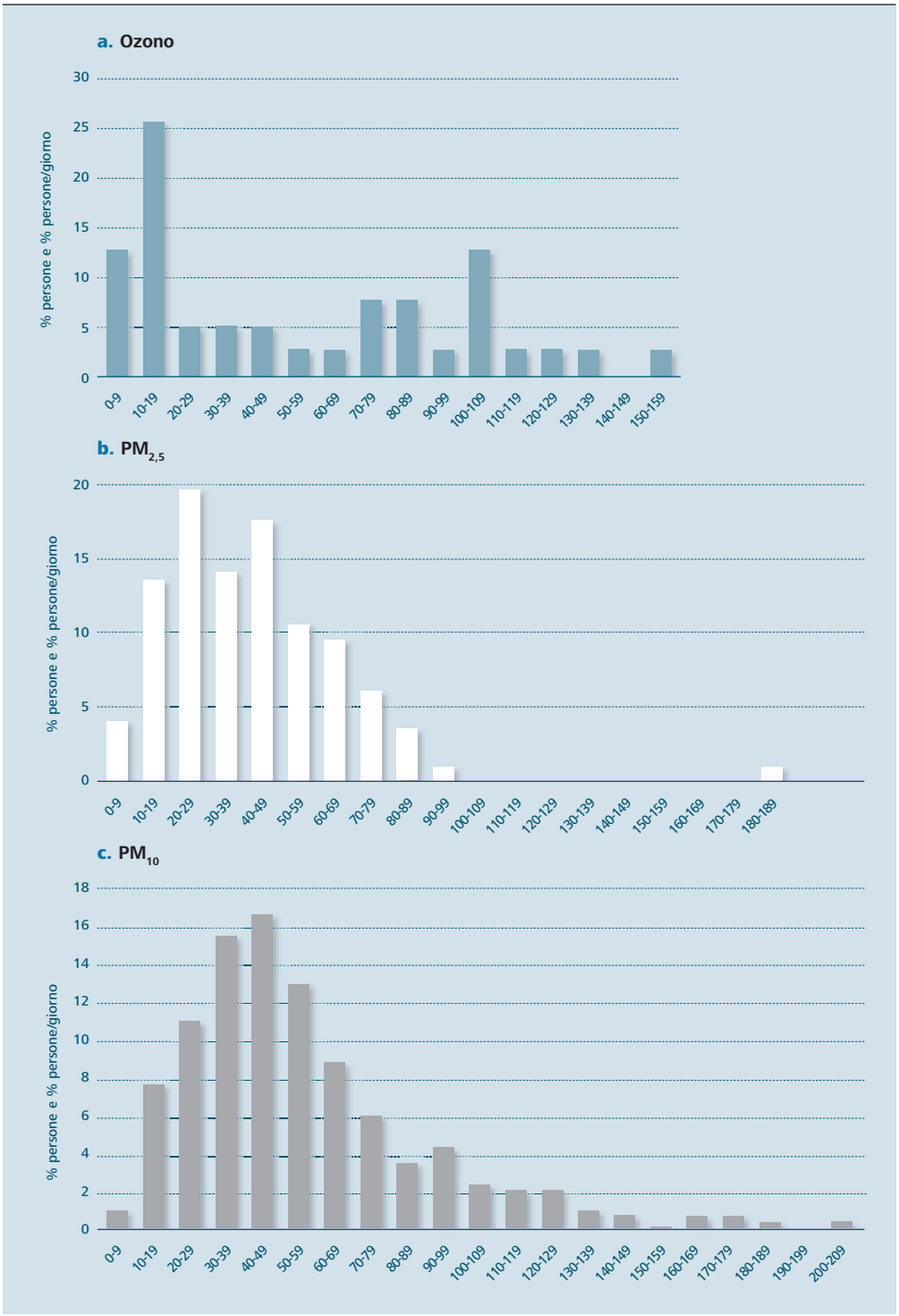
Caratterizzazione del rischio

Per l'ozono e il PM_{10} la stima ha riguardato gli effetti a breve termine, mentre per il $PM_{2.5}$ sono stati valutati gli effetti sia a breve che a lungo termine. Gli effetti, espressi come rischio attribuibile e numero di casi in eccesso, si riferiscono sempre alla popolazione congiunta di Mazzano e Rezzato, considerata come appartenente a un unico agglomerato. Per il PM_{10} sono stati calcolati gli effetti utilizzando anche i dati ARPA della centralina di Rezzato, e quindi, in questo caso, gli effetti sanitari si riferiscono solo alla popolazione del comune di Rezzato. La computazione si basa sui valori di RR presenti e implementati nel programma stesso e sull'incidenza di base degli effetti sanitari presenti nella popolazione oggetto di studio (tabella I). Il programma fornisce anche una valutazione della solidità del-

L'impatto sugli esiti sanitari riassume una soglia di non effetto.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

Figura 1. **Percentuale di persone esposte quotidianamente agli intervalli di concentrazione misurati di ozono, $PM_{2,5}$ e PM_{10}.**



- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

l'evidenza scientifica relativamente ai valori di RR utilizzati per la stima degli effetti.

Relativamente all'ozono gli effetti sanitari causati dall'esposizione a breve termine presi in considerazione sono stati i seguenti: mortalità per tutte le cause, mortalità per malattie cardiovascolari e mortalità per malattie respiratorie. I valori di RR derivano da uno studio sull'associazione tra livelli di ozono troposferico e i ricoveri ospedalieri[7] in 16 città canadesi. Le stime di impatto calcolate utilizzando i valori della media oraria e della media mobile su 8 ore sono risultate simili. In tabella II vengono riportati i risultati ottenuti con la media oraria perché sono risultati associati ad un livello di incertezza minore. L'impatto sugli esiti sanitari è stato calcolato assumendo una soglia di non effetto (concentrazione sotto la quale non si verificano effetti avversi) pari a 10 µg/m^3. Questo valore è apparentemente basso, se riferito ai limiti di legge, ma è giustificato dal fatto che non sembra esserci una soglia di non effetto per questo composto. I risultati indicano un numero di casi in eccesso in un anno pari a 3,6 (95% CI 2,2-5,1), 1,2 (95% CI 0,6-1,8) e 0,5 (95% CI 0,2-0,7) per la mortalità per tutte le cause (escluse quelle accidentali), malattie cardiovascolari e respiratorie, rispettivamente.

L'impatto sugli esiti sanitari è stato calcolato assumendo una soglia di non effetto pari a 10 µg/m^3.

I risultati dell'impatto dell'esposizione a $PM_{2.5}$ e PM_{10}, relativamente agli effetti a breve termine, sono riportati nella tabella II. Per il $PM_{2.5}$ il programma permette la stima dell'impatto solo sulla mortalità totale, mentre per il PM_{10} viene calcolato l'impatto anche sulla mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie. I valori di RR utilizzati per la quantificazione degli esiti sanitari derivano anche in questo caso dallo studio APHEA sull'effetto a breve termine del particolato sulla mortalità in 12 città europee[8]. Il numero di casi in eccesso per il $PM_{2.5}$ si riferisce alla popolazione congiunta di Mazzano e Rezzato mentre per il PM_{10}, oltre alla stima ottenuta considerando i due comuni come un unico agglomerato, vengono riportati anche i risultati ottenuti utilizzando i dati ARPA e riferiti alla sola popolazione di Rezzato. La computazione è stata effettuata partendo da un valore soglia di 10 µg/m^3.

L'impatto sanitario più elevato si verifica per l'esposizione a $PM_{2.5}$ che determina un numero di morti in eccesso nei due comuni pari a 8 (95% CI: 5,9-10,0) (tabella II). I risultati relativi al PM_{10} indicano un impatto minore; inoltre la stima ottenuta con le due fonti di dati diverse (indagine sulla qualità dell'aria e dati ARPA) risultano simili; la differenza del numero di casi attribuibili è dovuta alla differenza nel numero dei residenti nei due comuni presi insieme (24.077) e nel solo comune di Rezzato (13.127).

L'impatto sanitario più elevato si verifica per l'esposizione a $PM_{2.5}$.

Infine, i risultati relativi agli effetti a lungo termine dovuti all'esposizione a $PM_{2.5}$ sono stati effettuati sia in termini di anni di vita persi (YoLL) dalla collettività nel suo insieme, sia in termini di riduzione della speranza di vita per le diverse classi di età. Il calcolo prevede, oltre all'inserimento della concentrazione media annua di $PM_{2.5}$, anche la struttura per età della popolazione con il corrispondente numero di morti per tutte le cause, per malattie cardiopolmonari e per cancro ai polmoni. In questo studio, per tale computazione, è stata utilizzata la struttura della popolazione lombarda assumendo che fosse rappresentativa per i comuni di Mazzano e Rezzato. I

Nel calcolo, tra gli altri dati, ci sono anche le morti per malattie cardiopolmonari e per cancro ai polmoni.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

risultati indicano (per la popolazione di età superiore ai trent'anni ed espressi come tasso per 100.000 abitanti) valori di YoLL pari a 1748 (CI 95% 453-3084) e 5572 (CI 95% 1527-9262) dovuti all'esposizione al $PM_{2.5}$, rispettivamente nel primo anno della simulazione e nei 10 anni successivi, assumendo che il livello d'inquinamento rimanga ai valori attuali. Rapportando tali valori alla popolazione dei Comuni di Mazzano e Rezzato di 24.000 abitanti otteniamo una stima di 421 nel primo anno della simulazione e di 1342 anni di vita persi nei 10 anni successivi.

DISCUSSIONE

Nel presente studio, utilizzando l'approccio proposto dal WHO, è stato calcolato l'impatto sanitario della qualità dell'aria per la popolazione dei comuni di Mazzano e Rezzato. I due comuni si collocano in un'area ad elevata densità industriale e pressione abitativa nella quale anche a causa della conformazione del territorio e della situazione meteorologica, simile a quella della circostante pianura padana, si verificano situazioni di accumulo degli inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera. L'impatto sulla salute è stato misurato per gli effetti dovuti all'esposizione sia a breve che a

Tabella II. Rischio Relativo (RR), Rischio Attribuibile (RA) e n° di casi in eccesso in un anno stimati mediante il software AirQ per l'esposizione a ozono, $PM_{2.5}$ e PM_{10} nei comuni di Mazzano e Rezzato.

	RR (95% CI)	RA (%)	N° casi in eccesso
Mortalità totale			
Ozono	1,0046 (1,0028-1,0066)[a]	2,05 (1,25-2,91)	3,6 (2,2-5,1)
$PM_{2.5}$	1,015 (1,011-1,019)[a]	4,5 (3,4-5,7)	8,0 (5,9-10)
PM_{10}	1,0074 (1,0062-1,0086)[a]	3,1 (2,6-3,6)[c] 5,5 (4,7-6,4)[c]	3,4 (2,9-4,0)[d] 3,3 (2,8-3,8)[d]
Mortalità per malattie cardiovascolari			
Ozono	1,004 (1,002-1,006)[b]	1,78 (0,90-2,65)	1,2 (0,6-1,8)
PM_{10}	1,008 (1,005-1,018)[b]	3,4 (2,2-7,3)[c] 2,3 (1,5-5,0)[c]	3,7 (2,3-7,9)[d] 1,4 (0,9-2,9)[d]
Mortalità per malattie respiratorie			
Ozono	1,008 (1,004-1,012)[b]	3,50 (1,78-5,16)	0,5 (0,2-0,7)
PM_{10}	1,012 (1,004-1,012)[b]	5,0 (3,4-14,0)[c] 0,7 (0,5-1,9)[c]	5,4 (3,7-15)[d] 0,4 (0,3-1,1)[d]

[a] Livello di certezza della stima: alto; [b] Livello di certezza della stima: medio; [c] Risultati ottenuti con i dati dell'indagine "Valutazione della qualità dell'aria"; [d] Risultati ottenuti con i dati ARPA e relativi solo alla popolazione di Rezzato.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

lungo termine. Per gli effetti a breve termine è stato stimato il numero di casi in eccesso di mortalità per tutte le cause, per malattie cardiovascolari e per malattie respiratorie, che si verificano in un anno nella popolazione dei due comuni esposta ai livelli di inquinamento misurati nell'anno stesso. Per gli effetti a lungo termine è stata misurata la perdita di anni di aspettativa di vita dovuta alla mortalità per tutte le cause in un anno e nei dieci anni successivi nel caso che il livello di inquinamento rimanesse ai livelli misurati attualmente. L'impatto maggiore è risultato per l'esposizione al $PM_{2.5}$, per il quale è stato stimato un numero di morti in eccesso pari a 8 in un anno e la perdita di 421 e 1342 anni di vita in un anno e dieci anni, rispettivamente. Per quanto riguarda l'ozono l'effetto sulla mortalità totale è risultato di 3,6 casi in eccesso.

L'eccesso di mortalità è stato calcolato assumendo concentrazioni soglia piuttosto basse, se comparate agli standard di qualità dell'aria, tuttavia questo è giustificabile dal fatto che per questi inquinanti non è stata evidenziata una soglia tossicologica al di sotto della quale non si verificano effetti avversi. Essendo la concentrazione degli inquinanti atmosferici correlata, generalmente non è corretto sommare gli impatti dovuti ai singoli inquinanti; tuttavia l'ozono presenta un andamento spaziale e temporale diverso da quello del particolato e quindi in questo caso l'impatto dovuto alla contaminazione da ozono potrebbe essere addizionato, portando a un numero di morti in eccesso di circa 12 in un anno. I risultati della presente valutazione possono essere confrontati con quelli ottenuti in altri studi che hanno stimato l'effetto dell'inquinamento atmosferico in aree comparabili. Lo studio MISA (*Meta-analysis of the Italian Studies of Short-term effects of Air Pollution*) 1990-1999 ha studiato gli effetti a breve termine di una serie di inquinanti atmosferici in un segmento importante della popolazione italiana (7 milioni di persone residenti nelle principali città italiane con l'esclusione di Napoli)[9]. Se consideriamo Milano, lo studio ha calcolato un aumento dello 0,6% della mortalità per cause naturali per ogni incremento di 10 μg/m^3 di PM_{10}. Un'applicazione del software AirQ pubblicata nel 2005[10], utilizzando i valori di RR ottenuti dal gruppo MISA, ha stimato nel comune di Trieste un numero di morti in eccesso per tutte le cause pari a 52, un valore confrontabile a quello ottenuto nel presente studio.

Ozono e particolato presentano un andamento spaziale e temporale diverso tra loro.

La mortalità in eccesso riguarda persone con uno stato di salute già compromesso soprattutto a livello dei sistemi cardiovascolare e respiratorio, e

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 3.15.202.4 Fri, 26 Apr 2024, 11:16:40

quindi più sensibili agli effetti dell'inquinamento. È stato suggerito che l'aumento di mortalità, interessando persone le cui condizioni di salute sono già compromesse, rappresenti solo un'anticipazione di pochi giorni o settimane di decessi che si sarebbero comunque dovuti verificare. Infatti se si suppone che la popolazione possa essere divisa in due *pools*[11]: uno di persone a rischio (con uno stato di salute già compromesso) e uno di persone sane, possiamo immaginare che ogni giorno persone nel *pool* a rischio possono essere ospedalizzate o morire o recuperare e passare al *pool* di persone sane o rimanere nel *pool* di persone a rischio. Inoltre ogni giorno nuove persone sane possono entrare a fare parte del *pool* a rischio. Allora se l'effetto dell'inquinamento fosse quello di anticipare un esito sanitario, ad esempio la mortalità, già scontato in persone a rischio e di avere poco o nessuno effetto sulle persone sane, si dovrebbe avere un decremento della mortalità determinato dalla diminuzione del numero di persone nel *pool* a rischio. Questo effetto viene definito in inglese *harvesting* (mietitura). Diverse analisi hanno evidenziato come tale diminuzione di mortalità (come di altri esiti sanitari) non si manifesti, anzi la mortalità aumenta costantemente con l'aumentare della finestra temporale[12]. La mancanza di una diminuzione della mortalità viene spiegata col fatto che oltre a un aumento della mortalità delle persone a rischio, durante l'episodio di inquinamento, si verifica anche uno spostamento di persone sane al *pool* di persone a rischio[11] ripristinandone il numero. Presumibilmente quindi gli effetti sanitari non riguardano soltanto persone con uno stato di salute compromesso, ma anche persone sane che peggiorano il loro stato di salute come conseguenza dell'esposizione ai livelli di inquinamento misurati. R&P

Gli effetti sanitari riguardano sia coloro con uno stato di salute compromesso, sia persone sane che peggiorano il loro stato di salute.

BIBLIOGRAFIA

1. WHO. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment; 2006.
2. Bell ML, Dominici F, Samet JM. A meta-analysis of time-series studies of ozone and mortality with comparison to the national morbidity, mortality, and air pollution study. Epidemiology 2005; 16: 436-45.
3. WHO. Air quality guidelines-Global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006: 1-484.
4. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. Lancet 2002; 360: 1233-42.
5. Krzyzanowski M. Methods for assessing the extent of exposure and effects of air pollution. Occup Environ Med 1997; 54: 145-51.
6. Pope CA, 3rd, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 2002; 287: 1132-41.
7. Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D. Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. Environ Res 1997; 72: 24-31.
8. Katsouyanni K, Signorello LB, Lagiou P, Egan K, Trichopoulos D. Evidence that adult life risk factors influence the expression of familial propensity to breast cancer. Epidemiology 1997; 8: 592-5.
9. Biggeri A, Baccini M, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies of short-term effects of air pollution (MISA), 1990-1999. Int J Occup Environ Health 2005; 11: 107-22.
10. Tominz R, Mazzoleni B, Daris F. Estimate of potential health benefits of the reduction of air pollution with PM10 in Trieste, Italy. Epidemiol Prev 2005; 29: 149-55.
11. Schwartz J. Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admissions? Epidemiology 2001; 12: 55-61.
12. Schwartz J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality. Am J Epidemiol 2000; 151: 440-8.