

Esposizione ad inquinanti atmosferici nella città di Bari

F. CASSANO, P. BAVARO, ANNALISA MANCINI, MARIA TERESA MINENNA, ELENA BOBBIO, ANTONELLA DENTAMARO, INGRID ALOISE

DIMIMP, Cattedra di Igiene Industriale, Università degli Studi di Bari

KEY WORDS

Pollution; personal sampling; citizens

SUMMARY

«**Exposure to air pollutants in the city of Bari**». **Background:** Air pollution leads to increased levels of morbidity and mortality for cardiovascular and respiratory diseases in populations living in urban environments. **Objectives:** Our study tested the possibility of using sampling techniques that are typical of industrial hygiene to measure exposure to atmospheric pollutants and using personal samplers for concentrations of certain pollutants to which an ordinary resident of Bari is exposed on a daily basis. **Methods:** We monitored dusts (PM_{10} , $PM_{2.5}$), CO, CO_2 , humidity, ventilation and noise, by dynamical sampling along a route on foot, bicycle, motorbike and automobile and then compared the results with data provided by fixed stations distributed in the municipality of Bari. **Results:** By comparing our data with those values provided for by the law, we found out that the concentrations of all pollutants resulted to be higher than $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, with the exception of the measurements carried out along the route by car. The measurements of $PM_{2.5}$ were, on average, similar to the values of PM_{10} for the route on foot, but they were totally different for the measurements made along the route by car, bicycle and motorbike. Moreover, comparing our data with those obtained from the municipal network of fixed stations, we found that results provided by our measurements were higher for PM_{10} . **Conclusions:** Considering that compliance with the limits set by law refers to average values over 24 hours, we can conclude that those hours in which pollutant concentration reaches a risk level shall be considered especially regarding groups of people with respiratory disorders.

RIASSUNTO

L'inquinamento atmosferico determina un aumento della morbilità e della mortalità per malattie respiratorie e cardiovascolari nelle popolazioni residenti in ambienti urbani. Il nostro lavoro ha sperimentato se fosse possibile utilizzare tecniche di campionamento tipiche dell'igiene industriale nella misura dell'esposizione ad inquinanti atmosferici e mediante campionatori personali le concentrazioni di alcuni inquinanti cui un comune cittadino della città di Bari è esposto durante lo svolgimento delle normali attività quotidiane. Abbiamo monitorato polveri (PM_{10} , $PM_{2.5}$), CO, CO_2 , umidità, temperatura, rumore, tramite campionamenti effettuati in maniera dinamica lungo un percorso a piedi, in bicicletta, moto e macchina effettuando un confronto con i dati forniti dalle centraline fisse distribuite sul territorio comunale di Bari. Confrontando i nostri dati con i valori di legge, tranne che per la misura relativa al percorso in auto, in tutte le altre determinazioni la concentrazione misurata di PM_{10} è stata di poco su-

Pervenuto il 17.2.2009 - Accettato il 20.5.2009

Corrispondenza: Prof. Filippo Cassano, Dipartimento di Medicina Interna e Medicina Pubblica - Cattedra di Igiene Industriale Università degli Studi di Bari - Policlinico - P.zza Giulio Cesare, 11 - 70124 Bari (BA) - Tel/Fax 080 5478217 - E-mail: fcassano@medlav.uniba.it

periore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le misure di $\text{PM}_{2,5}$ sono mediamente più vicine al valore di PM_{10} nella marcia a piedi, mentre si differenziano nettamente nella misura in macchina, bici e moto. Inoltre, confrontando i nostri dati con quelli ottenuti dalla rete comunale sono risultati decisamente più alti per quel che riguarda il PM_{10} . Considerato che il rispetto delle norme di legge è riferito a medie sulle 24 ore, riteniamo che, soprattutto per categorie di cittadini con compromissione respiratoria, sia opportuno guardare soprattutto alle concentrazioni orarie che raggiungono spesso livelli a rischio per la loro salute.

INTRODUZIONE

L'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei principali agenti di rischio per la salute nelle aree urbane. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), in un recente documento, ha concluso che l'inquinamento da polveri fini nell'ambiente urbano è responsabile ogni anno di circa 100.000 morti (e 725.000 anni di vita persi) nella sola Europa (48). Secondo la stima dell'OMS, infatti, l'inquinamento atmosferico rappresenta in Europa il principale fattore di rischio ambientale, complessivamente l'ottava causa di morte più importante (11). Analoghe indicazioni vengono dal progetto *Air Pollution and Health: European Information System* (APHEIS), uno studio finanziato dalla Commissione Europea sull'impatto dell'inquinamento atmosferico in 26 città europee (1). I risultati del progetto APHEIS suggeriscono che anche una modesta riduzione dei livelli di inquinanti, verosimilmente realizzabile con misure di immediata fattibilità, potrebbe avere significativi effetti positivi sulla mortalità e morbilità delle popolazioni urbane. Numerosi studi presenti nel panorama della letteratura scientifica dimostrano, infatti, un aumento della morbilità e della mortalità per malattie respiratorie e cardiovascolari nelle popolazioni residenti in ambienti urbani (1, 7, 18, 27) nonché un aumento della mortalità per infarto miocardico acuto e per accidenti cerebrovascolari (9, 15, 16, 26, 33-35, 38, 43, 49).

Vi sono studi relativi agli effetti sulla salute degli inquinanti atmosferici in categorie professionalmente esposte (30, 39, 44, 45) ed in soggetti particolarmente suscettibili (4, 7, 8, 12, 14, 25, 41).

Gli elementi di prova a sostegno di una relazione causale tra l'inquinamento atmosferico e aumento rischio di eventi cardiovascolari continua a cre-

scere, ma il meccanismo sottostante rimane poco chiaro (5, 6, 21-24, 29, 31).

Un'ampia e articolata mole di dati di letteratura ha messo in evidenza in particolare i pericoli per la salute derivanti dalla esposizione alle polveri sottili e vari studi hanno confermato che più è piccola la dimensione delle particelle, più sono pericolosi gli effetti sulla salute. I dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) illustrano con chiarezza che le polveri $\text{PM}_{2,5}$ hanno un effetto maggiore sulla mortalità giornaliera delle PM_{10} più grandi (10, 46).

Le particelle più piccole non vengono filtrate dal naso e dai bronchioli e la dimensione minuscola consente loro di essere respirate in profondità nei polmoni e di essere adsorbite direttamente nel flusso sanguigno dove possono persistere per ore (32). A questo punto possono attraversare la parete cellulare e arrivare al nucleo della cellula, agendo sul DNA.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità dichiara che non c'è un livello di $\text{PM}_{2,5}$ sicuro ed effetti sulla salute sono stati osservati a concentrazioni sorprendentemente basse, senza soglia (28, 36).

Le particelle più piccole, in particolar modo le polveri ultrafini (PM_1) hanno una reattività chimica elevata, il che è una proprietà della loro piccola dimensione ed elevata area superficiale (17).

Basandosi sulle Linee Guida per la Qualità dell'Aria dell'Organizzazione Mondiale di Sanità (WHO) (47) si è stimato che un aumento di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle polveri $\text{PM}_{2,5}$ (una stima molto conservativa del livello di aumento che ci si potrebbe attendere intorno agli inceneritori) porterebbe a un'attesa di vita ridotta di 40 giorni per persona nell'arco di 15 anni (questo è uguale ad una riduzione di attesa di vita di 1,1 anni per ciascun aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ delle polveri $\text{PM}_{2,5}$) (19). Sebbene questo risultato appaia piccolo, è stato rilevato

che le implicazioni per la salute pubblica sono grandi e che l'effetto su una tipica popolazione circostante di 250.000 persone porterebbe ad una perdita di 27.500 anni di vita nell'arco di 15 anni (19).

Una interessante ricerca effettuata dalla Clinica del Lavoro della Fondazione IRCCS Ospedale Maggiore-Policlinico di Milano, coinvolgendo oltre 2.000 persone, ha dimostrato l'esistenza di effetti acuti legati all'incremento dell'inquinamento ambientale: ogni aumento di 10 microgrammi di polveri sottili per metro cubo nell'aria della città, fa aumentare del 70% il rischio di trombosi venosa negli abitanti. Pubblicato sugli *Archives of Internal Medicine*, lo studio ha evidenziato la forte correlazione esistente tra il PM₁₀ relativo all'anno precedente alla diagnosi ed il rischio di trombosi venosa, in particolare a carico degli arti inferiori (3).

Tra le dichiarazioni che potremmo considerare come paradigmatiche sul problema dell'inquinamento ambientale, ci sono le seguenti: "la grandezza dell'associazione tra polveri fini e mortalità suggerisce che il controllo delle polveri fini porterebbe a salvare migliaia di morti precoci ogni anno" (Schwartz) (42) e "ci sono prove coerenti che le polveri fini sono associate con mortalità aumentata per tutte le cause, cardiaca e respiratoria. Questi risultati rinforzano la richiesta di controllare i livelli di polveri respiratorie nell'aria all'aperto" (40).

Infine, due recentissimi studi datati Gennaio 2009 e pubblicati sul *The New England Journal of Medicine* (20, 37) hanno valutato il cambiamento delle aspettative di vita in associazione alle variazioni di inquinamento atmosferico da particelle fini negli Stati Uniti. Una diminuzione di 10 µg/m³ della concentrazione di particelle fini è stato associato dagli autori con un aumento stimato dell'aspettativa di vita, per cui concludono che una riduzione dell'esposizione al particolato fine atmosferico contribuisce senz'altro ad un significativo miglioramento della speranza di vita.

SCOPO DEL LAVORO

Noti dunque i dati di letteratura precedentemente riportati, abbiamo avvertito l'esigenza di sperimentare se fosse possibile utilizzare tecniche

di campionamento tipiche dell'igiene industriale nella misura dell'esposizione ad inquinanti atmosferici e quindi verificare mediante campionatori personali le concentrazioni di alcuni inquinanti cui un comune cittadino della città di Bari è esposto durante lo svolgimento delle normali attività quotidiane, quali ad esempio, accompagnare i bambini a scuola o fare una semplice passeggiata. Gli studi di questo tipo, reperiti in letteratura, sono generalmente basati sui dati forniti dalle centraline distribuite sul territorio comunale delle varie città che costituiscono una rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Diversamente abbiamo deciso di monitorare polveri (PM₁₀, PM_{2,5}), CO, CO₂, umidità, temperatura, nonché rumore, tramite campionamenti effettuati in maniera dinamica lungo le vie della città confrontando infine i risultati ottenuti con i dati forniti dalle centraline fisse distribuite sul territorio comunale di Bari, gestite sia dal Comune che dall'ARPA Puglia.

MATERIALI E METODI

Il nostro studio ha individuato un percorso pedonale della durata di circa due ore in ambiente urbano a maggiore presenza di traffico veicolare e da effettuarsi nelle ore di punta. Abbiamo poi predisposto un percorso da effettuare in bicicletta, moto, macchina che si potesse svolgere in tempi più o meno identici a quello del percorso a piedi e che, pertanto, interessa molti più ambienti urbani.

- PERCORSO 1: v. Tenente Casale - Corso Italia - P.zza Moro - v. Zappetta - Sotto passo S. Antonio - E. Capruzzi - viale Unità d' Italia - v. Zannardelli - v. Toma - città Universitaria - si ritorna su viale della Repubblica - Largo 2 Giugno - v. Luigi Sturzo - v. Papa Giovanni XXIII - v. O. Fiacco - P.zza Giulio Cesare;

- PERCORSO 2 (moto, bicicletta e automobile): v. Crisanzio - v. Libertà - v. Nicolai - v. Brigata Bari - v. Brigata Regina - Lungomare Vittorio Veneto - Fiera (ingresso orientale) - v. Adriatico - Lungomare Vittorio Emanuele III - v. Verdi (ingresso fiera) - v. Maratona - v. Napoli (caserma) - v. Quintino Sella - Corso Italia - P.zza Moro - v. Zappetta - Sotto passo S. Antonio - E. Capruzzi -

viale Unità d' Italia - v. Zanardelli - v. Toma - città Universitaria - v. Amendola - ponte Japigia - Sacrario dei Caduti - v. Gentile - v.le Japigia - ponte di Vagno - Lungomare Perotti - P.zza 4 Novembre - Corso Vittorio Emanuele - v. Quintino Sella - sottovia Quintino Sella - extramurale Capruzzi - v.le Unità d'Italia - Largo 2 Giugno - V.le Papa Giovanni XXIII - v. Orazio Flacco - Policlinico.

I monitoraggi sono stati ripetuti per tre volte nello stesso giorno in fasce orarie differenti: 8:00-10:00 circa, 12:00-14:00 circa e 19:00-21:00 circa. Sono state scelte giornate con buone condizioni atmosferiche, come si può notare dalla tabella 1 che riporta i valori medi della Temperatura ed Umidità Relativa registrate nei giorni di misura.

La misura delle polveri è stata effettuata con un analizzatore a lettura diretta, modello DustTrack, della ditta TSI, che misura la rifrazione della luce emessa da un diodo laser, da parte delle particelle di polvere all'interno della camera di campionamento dello strumento.

Il flusso di aria campionato viene attraversato da una luce con lunghezza d'onda di 780 nm. La rifrazione varia in funzione della granulometria delle particelle e dell'indice di rifrazione ed è proporzionale alla quantità di polvere contenuta nel campione. Il fattore di proporzionalità usato dal DustTrack è calcolato sulla base della Al Arizona Test americano, cioè in riferimento alla calibrazione standard secondo la normativa ISO 12103-1.

La misura di CO e CO₂, umidità e temperatura è stata eseguita utilizzando un analizzatore dedicato, della ditta TSI, mod Q track. La sonda per il CO₂ ha un sensore infrarosso non dispersivo, con un campo di misura da 0-5000 ppm, accuratezza $\pm 3\%$ della lettura e risoluzione di 1 ppm; la sonda per il CO ha invece un sensore elettrochimico, con un campo di misura da 0-50 ppm, accuratezza $\pm 3\%$ della lettura, una risoluzione di 0,1 ppm ed una ripetibilità del $\pm 2\%$ della lettura. La temperatura è misurata da un termistore con un campo di misura 0-60°C, accuratezza $\pm 0,6^\circ\text{C}$, risoluzione 0,1°C. Per l'umidità lo strumento è dotato di un sensore capacitativo con campo di misura 5-95% rh, accuratezza $\pm 3\%$, risoluzione $\pm 0,1\%$ rh.

Tutta la strumentazione è fornita di certificato di taratura annuale e calibrata prima e dopo ogni serie

Tabella 1 - Temperatura e umidità relativa nelle giornate di campionamento

Table 1 - Temperature and relative humidity on sampling days

	Temperatura °C	Umidità relativa %
Percorso pedonale		
Mattina	27,1	42,1
Pomeriggio	29	38,5
Sera	26	41,5
Media giornaliera	27,4	40,7
Percorso in macchina		
Mattina	27,3	40,8
Pomeriggio	29,5	31,1
Sera	25,2	41,8
Media giornaliera	27,3	37,9
Percorso in bicicletta		
Mattina	26	37
Pomeriggio	28,6	35,4
Sera	25,8	39,9
Media giornaliera	26,8	37,4
Percorso in motocicletta		
Mattina	28,1	50,2
Pomeriggio	31,2	52
Sera	28,5	53
Media giornaliera	29,3	51,7

di misure con appositi calibratori o bombole certificate. Per la misura del rumore è stato utilizzato un fonometro integratore/dosimetro della ditta Quest, mod. NoisePro DLX-1, di classe 1. Prima e dopo ogni serie di misure, lo strumento è stato calibrato mediante calibratore della ditta Quest mod QC 10/20.

Gli strumenti sono forniti di software per il trattamento dei dati: della ditta TSI mod TrakPro, della ditta Quest, mod QuestSuite professional II, version. 3.1.2246.

Tutta la strumentazione è stata posizionata in uno zaino portato a spalla, mentre le teste di prelievo sono state collocate in zona respiratoria.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La tabella 2 riporta tutti i valori medi dei vari inquinanti misurati durante il nostro studio. Si può ri-

Tabella 2 - Valori medi degli inquinanti misurati nelle giornate di campionamento
Table 2 - Average values of pollutants measured on sampling days

	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2,5} µg/m ³	CO ppm	CO ₂ pmm	Rumore Leq dBA
Macchina (05/07/2007)					
Mattina	53	31	1	748	69,3
Pomeriggio	44	19	0	748	69,2
Sera	34	21	2	745	69,2
Medie studio	43	23	1	747	69,2
Bicicletta (06/07/2007)					
Mattina	98	20	2	726	75,5
Pomeriggio	24	13	1	767	76,2
Sera	28	18	2	731	76,0
Medie studio	50	17	1,7	741,33	75,9
Motocicletta (09/07/2007)					
Mattina	72	49	2	779	76,8
Pomeriggio	55	39	1	812	77,6
Sera	65	47	3	793	76,5
Medie studio	64	45	2	794,6	77,0
A piedi (15/09/2007)					
Mattina	116	74	0	700	73,0
Pomeriggio	47	28	0	747	71,6
Sera	56	32	1	722	71,4
Medie studio	73	44,6	0,3	723	72,1

levare come in tutti i giorni le misure del PM₁₀ e del PM_{2,5} risultino più elevate al mattino rispetto agli altri periodi di misura. Ciò lascerebbe intendere che le condizioni di traffico e il conseguente aumento delle polveri fini siano più problematiche al mattino.

Per lo stesso motivo, molto probabilmente, nelle varie giornate di misura non c'è sempre uno stesso periodo di tempo che risulti mostrare una concentrazione più elevata di polverosità. Sebbene quindi le condizioni di traffico ed i livelli di inquinamento siano strettamente legati, i picchi di inquinamento da polveri fini possono seguire un andamento temporale diverso proprio per l'influenza di tali fattori "esterni".

Il D.M. 60/02 identifica quali limiti di riferimento per il PM₁₀:

- 50 µg/m³: valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana, da non superare più di 35 volte per anno civile;

- 40 µg/m³: valore limite annuale per la protezione della salute umana, come media annua delle concentrazioni misurate.

Confrontando i nostri dati con i valori di legge del citato Decreto, tranne che per la misura relativa al percorso in auto (43 µg/m³), in tutte le altre determinazioni la concentrazione misurata è stata di poco superiore a 50 µg/m³.

È molto importante rilevare come le misure di PM_{2,5} siano mediamente più vicine al valore di PM₁₀ nella marcia a piedi, mentre si differenziano nettamente nella misura in macchina, bici e moto. Questo perché, probabilmente, il movimento del mezzo crea uno spostamento dell'aria, che allontana le particelle più fini e leggere dalla testa di campionamento. Inoltre, confrontando i nostri dati con quelli ottenuti dalla rete comunale e forniti dall'Assessorato Comunale all'Igiene e Salute dell'Ambiente (abbiamo effettuato una media relativa alle

varie centraline), i nostri dati sono risultati decisamente più alti per quel che riguarda il PM_{10} (tabella 2). Anche per il CO, il nostro studio ha rilevato concentrazioni più elevate, ma la differenza non risulta considerevole come per le polveri. È chiaro che i nostri dati rappresentano le concentrazioni presenti nell'aria in un limitato periodo di tempo nelle aree di maggiore traffico e quindi, rispetto alla media giornaliera fornita dalle centraline, costituiscono il valore di punta; ma di certo essi rappresentano concentrazioni cui sono esposti i cittadini in quelle particolari ore. Tali livelli di inquinamento potrebbero essere un problema per categorie professionalmente esposte, nonché per persone con problemi a carico dell'apparato respiratorio.

Come si può ben vedere dalla tabella 2, il valore medio più alto, avutosi nei quattro giorni di misura, è quello registrato al mattino durante il tragitto a piedi, pari a $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ovvero più del doppio dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito quale valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana.

Oltre ad esservi, quindi, un superamento frequente dei valori limite nei diversi periodi di misura, vi è di certo, in alcuni momenti della giornata, un superamento molto marcato degli stessi. Vorremmo porre l'attenzione sull'entità che tali superamenti possono avere.

Tali dati risultano, infatti, appiattiti in una rilevazione effettuata in continuo, come appunto quella delle centraline della rete comunale, ove sono compresi nelle misurazioni i lunghi periodi notturni quando si ha una considerevole diminuzione del traffico. Certamente i limiti di legge sono riferiti

alle 24 ore ed è dunque obbligatorio includere anche il periodo notturno nella misura, ma è pur vero che gli effetti sulla salute di quella elevata polverosità, che appunto si può raggiungere nelle ore diurne, diventa sempre più un dato di fatto che, a nostro parere, meriterebbe una maggiore attenzione, al di là di quella che può essere la media giornaliera rilevata.

Nella misurazione delle polveri, lo strumento effettua una misura ogni minuto dando poi una media finale relativa al periodo di misurazione. Le figure 1, 2, 3 e 4 raffigurano l'andamento della concentrazione di PM_{10} nel periodo di misura, riportando sulle ascisse il numero di misurazioni puntuali effettuate ad ogni minuto dallo strumento e sulle ordinate la relativa concentrazione espressa in mg/mc . La concentrazione ha un andamento molto irregolare con punte elevate che sono seguite da brusche cadute e da molti picchi. È abbastanza raro che vi sia una situazione di equilibrio.

Ciò indica, a nostro avviso, come tra il campionario e la sorgente vi siano distanze e rapporti sempre molto variabili, proprio perché tutti e due sono in movimento, con velocità variabili in rapporto alla congestione del traffico, e le varie sorgenti possono essere più o meno vicine al campionario. Quindi, la turbolenza atmosferica che si crea è ancora più elevata di quella che si ha normalmente e che determina situazioni simili anche nel caso di campionamenti in postazione fissa. Tale effetto è, peraltro, meno importante nel caso del campionamento a piedi, quando i movimenti del campionario sono più costanti, non dipendendo

Tabella 3 - Confronto tra le medie dei dati cittadini e dello studio

Table 3 - Comparison between average citizen and the data of the study

Data	Valori medi $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$PM_{2,5}$ ppm	CO ppm	CO ₂	Rumore Leq dBA
05/07/2007	MC*	27	***	0,66	***	***
	MS**	43	23	1	747	62,3
06/07/2007	MC*	17	***	0,75	***	***
	MS**	50	17	1,66	741,3	69,5
09/07/2007	MC*	27,4	***	0,84	***	***
	MS**	64	45	2	794,6	69
15/09/2007	MC*	***	***	0,56	***	***
	MS**	73	44,6	0,33	723	72,1

*Medie Cittadine, ** Medie Studio, ***Dati non disponibili

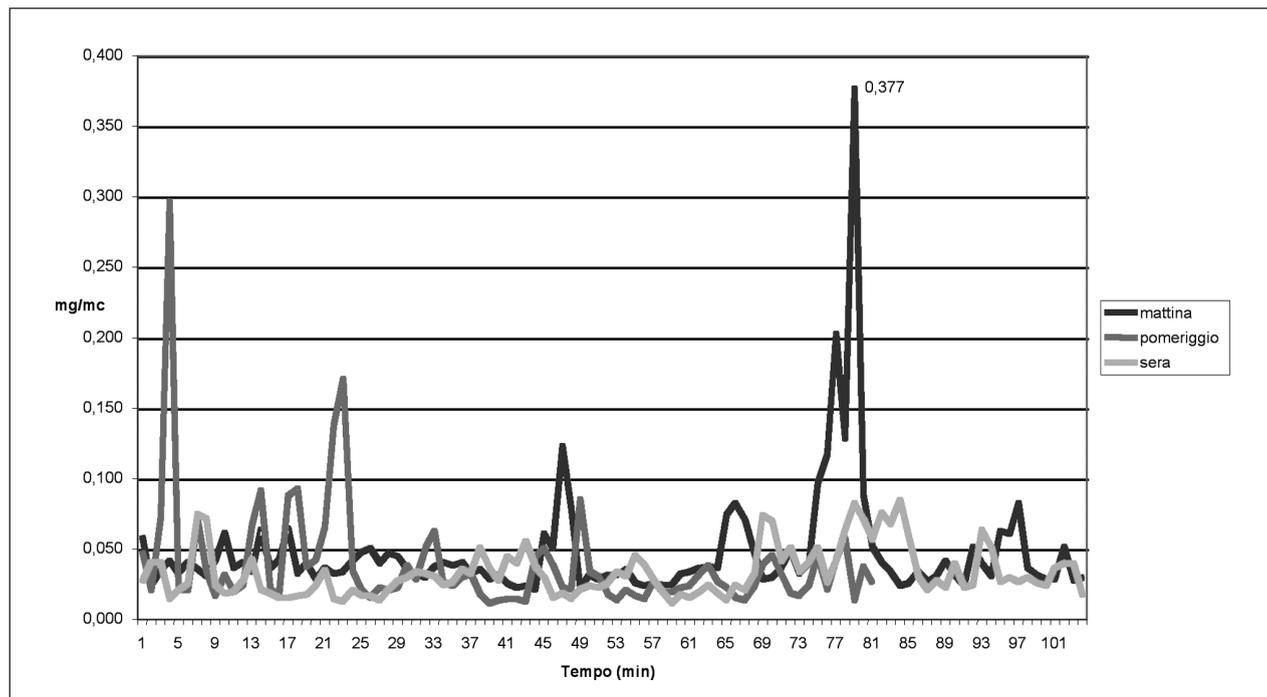


Figura 1 - Andamento della concentrazione di PM₁₀ nel percorso effettuato in macchina

Figure 1 - PM₁₀ concentration trend along the route by car

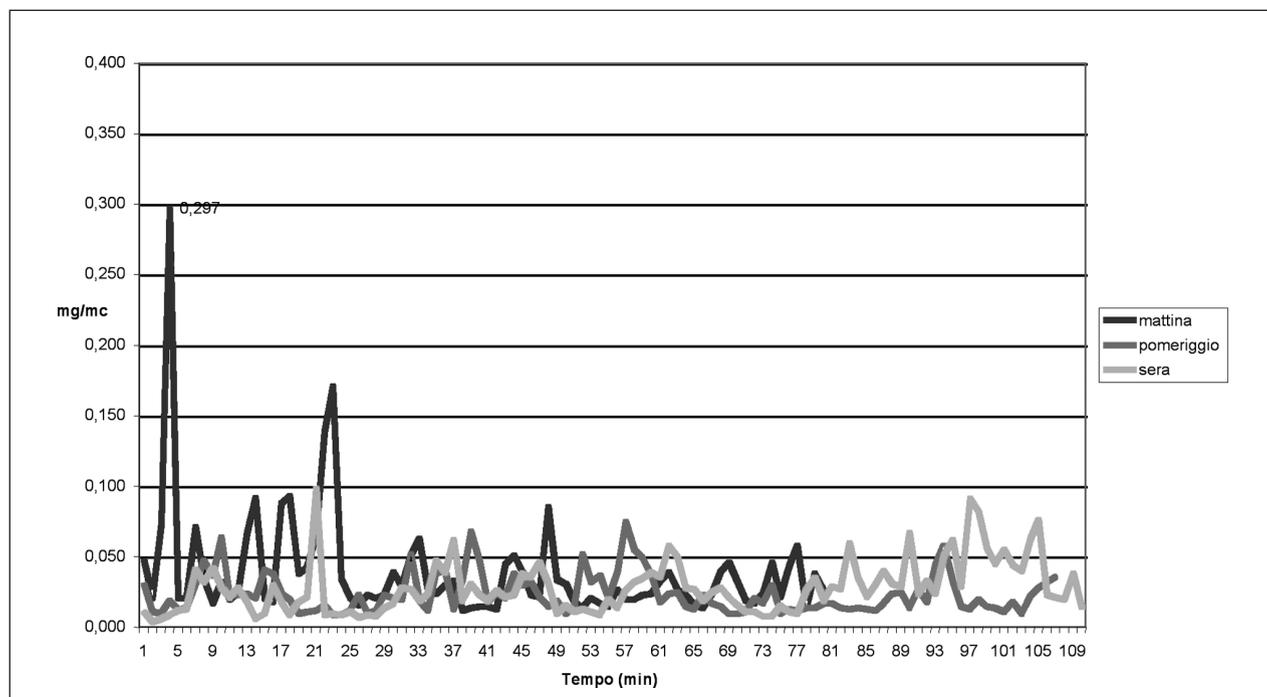


Figura 2 - Andamento della concentrazione di PM₁₀ nel percorso effettuato in bicicletta

Figure 2 - PM₁₀ concentration trend along the route on bike

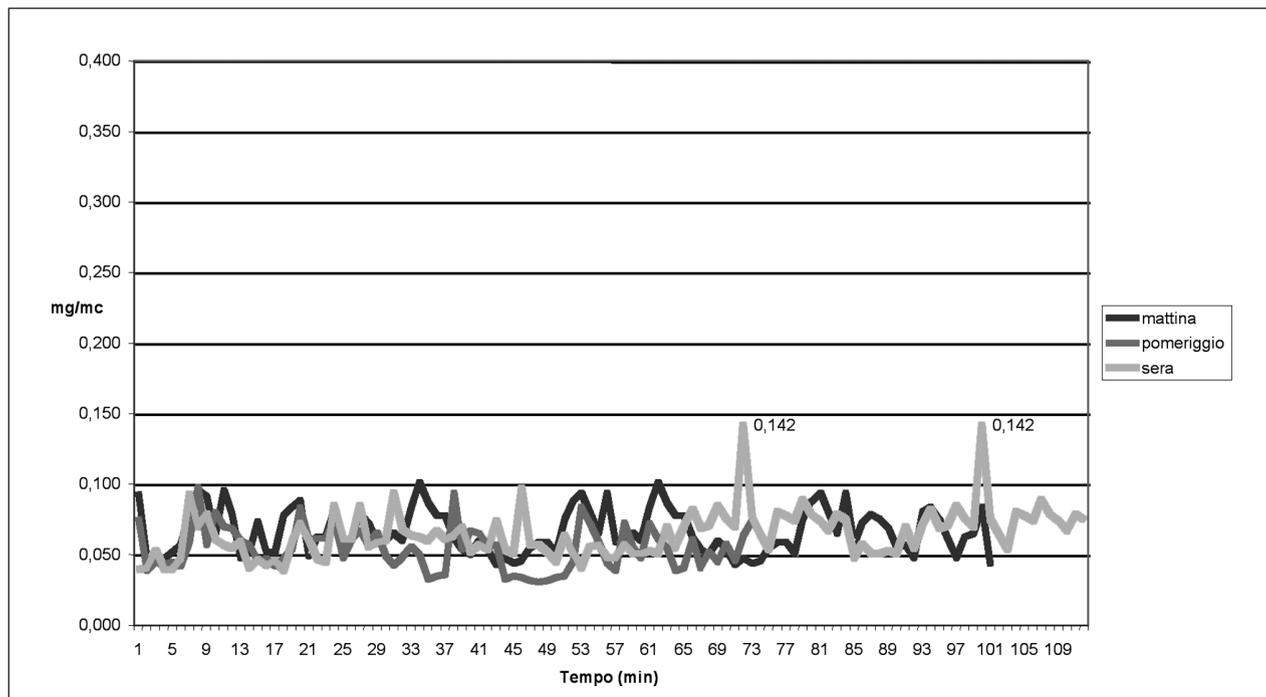


Figura 3 - Andamento della concentrazione di PM₁₀ nel percorso effettuato in motocicletta

Figure 3 - PM₁₀ concentration trend along the route on motorbike

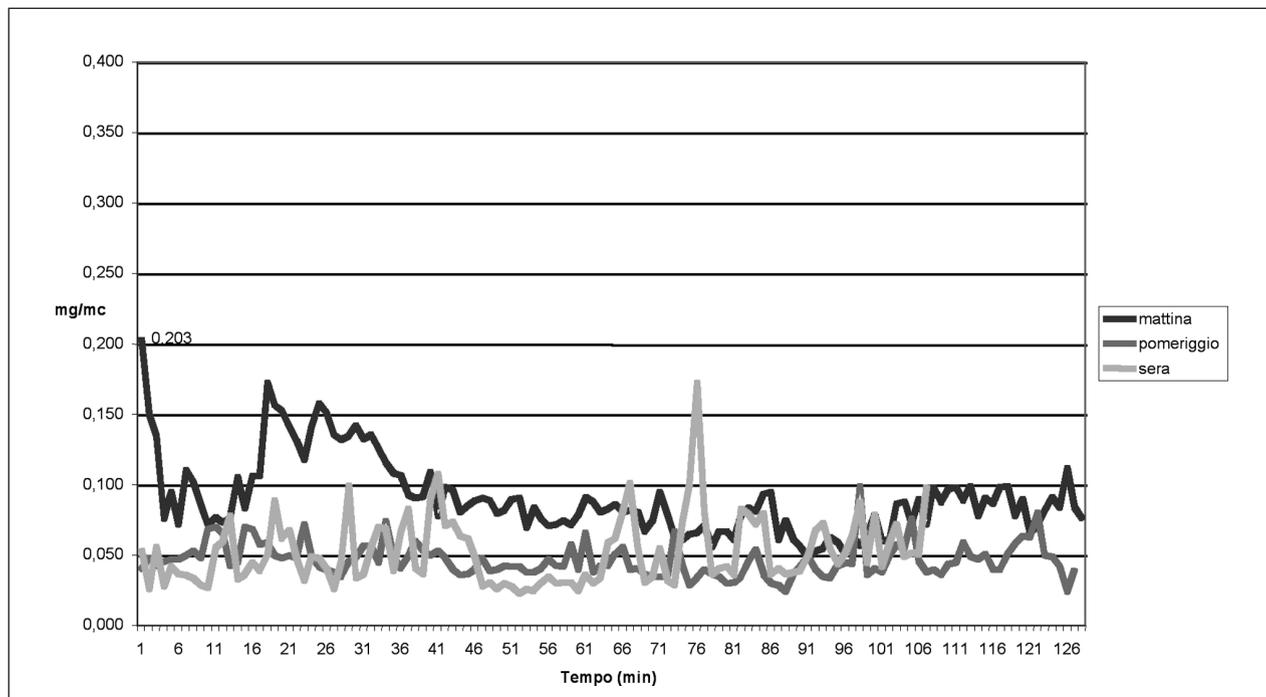


Figura 4 - Andamento della concentrazione di PM₁₀ nel percorso effettuato a piedi

Figure 4 - PM₁₀ concentration trend along the route on foot

Tabella 4 - Minuti di superamento su durata totale del campionamento e valore massimo rilevato*Table 4* - Minutes overrun over total duration of sampling and the maximum value registered

		Macchina	Bicicletta	Motocicletta	A piedi
Minuti di superamento del valore limite giornaliero (50 µg/mc)	Mattina	24/104 (23%)	15/80 (19%)	83/101 (82%)	127/128 (99%)
	Pomeriggio	15/81 (18%)	7/107 (6%)	39/73 (53%)	32/125 (26%)
	Sera	18/104 (17%)	12/110 (11%)	95/112 (85%)	46/107 (43%)
Minuti di superamento del valore limite annuo (40 µg/mc)	Mattina	39/104 (37%)	21/80 (26%)	101/101 (100%)	128/128 (100%)
	Pomeriggio	21/81 (26%)	13/107 (12%)	59/73 (81%)	83/125 (66%)
	Sera	26/104 (25%)	20/110 (18%)	108/112 (96%)	64/107 (60%)
Valore massimo (µg/mc)	Mattina	377	297	101	203
	Pomeriggio	297	75	98	99
	Sera	85	98	142	172

dalle condizioni del traffico, così come capita per la bici, la moto e la macchina. Inoltre, le concentrazioni delle polveri fini risentono in maniera più marcata della prossimità del rilevatore ai vari fattori di emissione (autovetture, polveri sedimentate risollevate, ecc.) che di fattori che possano determinare diluizione (vento) (figure 1-4).

Utilizzando tali dati, abbiamo effettuato una stima del numero di superamenti puntuali che si sono avuti nei vari periodi di misura sia per il valore limite giornaliero (50 µg/mc) che per il valore limite annuo (40 µg/mc), fissati per il PM₁₀ dal D.M. 60/02, ed il relativo picco, complessivamente riportati nella tabella 4. Inoltre, nella stessa tabella, abbiamo voluto riportare, tra parentesi, la percentuale del tempo di misura in cui si sono rilevate concentrazioni di polverosità superiori agli stessi limiti di legge.

È facile rilevare come nel percorso a piedi di mattina si sia arrivati praticamente ad un 100% di superamenti. Ciò significa che un soggetto a rischio che si trovi a camminare nelle zone a più alta concentrazione di traffico autoveicolare si trova esposto sempre a concentrazioni che sono nettamente superiori ai valori di riferimento. Quanto ciò possa incidere sulle condizioni di salute del singolo, ovviamente, non è dato sapere perché non si può conoscere lo stato di partenza. Ma riteniamo che il dato debba fare riflettere.

Altro dato che ci sembra interessante è quello relativo ai valori massimi misurati. Il più elevato si

riscontra nel tragitto in macchina ed è suggestivo pensare che, per la presenza di tubi di scappamento di auto vicine, si sia avuta una immissione di fumi di scarico autoveicolare nell'abitacolo della macchina che nell'ambiente confinato ha portato a tali concentrazioni.

Per quanto attiene il rumore, poi, i livelli sonori misurati mostrano nelle varie giornate livelli differenti tra loro. Rispetto ai limiti di riferimento (65 dBA di giorno come livello massimo di immissione) solo un dato, peraltro relativo alla misura effettuata in auto, risulta di poco superiore ai limiti di riferimento. Andando a piedi, invece, si supera nettamente il limite, ed ancora più elevati risultano in bicicletta e in moto. Il valore più alto 77.0 dBA è quello ottenuto nel percorso in moto e quindi è evidente che il rumore del mezzo ha avuto una certa incidenza nel valore misurato, anche se piccola. Infatti la differenza tra la media dei valori misurati nel percorso con la moto e la media dei valori misurati nel percorso in bicicletta è di appena 1 dB. Quindi la macchina con il suo abitacolo protegge dal rumore del traffico che invece investe in maniera massima durante il percorso in bicicletta ed in moto. L'uso di questi due mezzi di trasporto, infatti, comporta la effettuazione di un tragitto in strada, immersi nel flusso del traffico e quindi molto prossimi alle sorgenti, cioè le altre auto e moto. Invece nel percorso a piedi le sorgenti sono più lontane e ciò spiega i livelli più bassi rispetto ai percorsi in moto o in bicicletta.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalla nostra indagine hanno evidenziato che, nella città di Bari, in particolari ore della giornata e in particolari zone urbane, sia che il cittadino cammini a piedi o si sposti con vari mezzi di trasporto (auto, moto, bicicletta) è esposto ad elevati livelli di inquinanti ambientali riferendoci principalmente alle polveri sottili e al rumore. I nostri dati, inoltre, sono risultati costantemente più alti di quelli ufficiali delle centraline di rilevamento che, ribadiamo, sono medie giornaliere e quindi godono di un effetto diluizione dei valori misurati nelle ore notturne.

È necessario precisare a questo punto che i nostri dati non possono, né vogliono essere in contrapposizione con i dati ufficiali delle centraline che, come già detto, rispondono pienamente ai requisiti di legge. Sono un'altra maniera di misurare l'inquinamento atmosferico. Essi sono riferiti a brevi periodi di misura e ciò non consente di trarre delle conclusioni di ampio respiro.

In ogni caso, se è vero che la nostra ricerca è espressione di un segmento limitato della giornata e, quindi, dell'inquinamento annuale, è anche vero che i nostri dati, comunque, forniscono una lettura che è certo indicativa dell'esposizione dei cittadini che in quel giorno, e verosimilmente tutti i giorni, si trovino a percorrere le strade nei percorsi in auto, moto, bicicletta o a piedi. Ed i livelli così misurati sono più elevati di quelli misurati dalle centraline su medie giornaliere o addirittura annuali.

Quanto da noi riscontrato conferma comunque quello che già nel 2003 è stato evidenziato da uno studio di Legambiente (2) e nel 2004 da un dossier elaborato dal gruppo Verdi della Regione Lazio (13) e cioè come effettivamente il superamento dei limiti di legge sia una realtà molto frequente in diversi comuni di Italia. Il dossier del gruppo verdi in particolare sottolinea come un sostanziale numero di decessi, ricoveri ospedalieri e disturbi respiratori, specie nei bambini, sono attribuibili all'inquinamento atmosferico urbano. L'ordine di grandezza è delle migliaia o decine di migliaia di casi per anno nelle otto maggiori città italiane esaminate (Torino, Genova, Milano; Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo) confermando i dati noti in letteratura.

Certo i valori di legge tengono ben presente il principio della precauzione. Però è evidente che soggetti con particolari condizioni di salute possono risentire in maniera maggiore di tali livelli d'inquinamento. Ciò dovrebbe indurre tali soggetti a particolare prudenza nel frequentare le strade di maggiore traffico nelle ore di punta. Di sicuro se si arrivasse ad un migliore controllo della circolazione stradale, ad una sua riduzione privilegiando trasporti pubblici, ad un controllo periodico delle emissioni delle autovetture, ad una più attenta pulizia delle sedi stradali, si potrebbe migliorare di molto la situazione. Ma è evidente che questo richiede volontà politiche ed impegno di risorse non sempre coincidenti.

In definitiva, quindi, la nostra indagine ha confermato che è possibile applicare anche alla misura dell'inquinamento atmosferico i metodi propri dell'igiene industriale per la valutazione dell'esposizione professionale; i dati raccolti consentono di verificare come nelle ore di punta i cittadini siano esposti a concentrazioni che sono nettamente superiori a quelle ufficiali delle reti di rilevamento dell'inquinamento atmosferico gestite generalmente dai Comuni e che tali esposizioni si potrebbero rivelare rischiose per fasce di popolazione con problemi respiratori, nonché per particolari categorie professionali (Vigili Urbani, Guardie Giurate addette al controllo degli ingressi di banche o altre aziende, Tassisti, Netteturbini, Edicolanti, Strilloni ecc) che nella strada svolgono buona parte o tutto il loro lavoro.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

BIBLIOGRAFIA

1. APHEIS: Air Pollution and Health: a European Information System. Health impact assessment of air pollution in 26 European cities. Second-year report 2000-01. (<http://www.apheis.net/>)
2. ARTIOLI Y (a cura di): Legambiente. Osservatorio PM10 2003.
3. BACCARELLI A, MARTINELLI I, ZANOBETTI A, et al: Exposure to particulate air pollution and risk of deep vein thrombosis. *Arch Intern Med* 2008; 168: 920-927

4. 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; 28: 4-100
5. BROOK RD: Air Pollution: what is bad for the arteries might be bad for the veins. *Arch Intern Med* 2008; 168: 909-911.
6. BROOK RD: Potential health risks of air pollution beyond triggering acute cardiopulmonary events. *JAMA* 2008; 299: 2194-2196
7. BRUNEKREEF B, VOLGATE ST: Air pollution and health. *Lancet* 2002; 360: 1233-1242
8. CHECKOWAY H, LEVY D, SHEPPARD L, et al: A case-crossover analysis of fine particulate matter air pollution and out-of-hospital sudden cardiac arrest. *Res Rep Health Eff Inst* 2000; 99: 5-28
9. CREBELLI R, CARERE A: Inquinamento atmosferico urbano: impatto sulla salute. *Not Ist Super Sanità* 2003; 16
10. DE HARTOG JJ, HOEK G, PETERS A, et al: Effects of fine and ultrafine particles on cardiorespiratory symptoms in elderly subjects with coronary heart disease: the ULTRA Study. *Am J Epidemiology* 2003; 157: 613-623
11. EZZATI M, LOPEZ AD, RODGERS A, et al: Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 2002; 360: 1347-1360
12. FUSCO D, FORASTIERE F, MICHELOZZI P, et al: Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *Eur Respir J* 2001; 17: 1143-1150
13. Gruppo Verdi Regione Lazio, via della Pisana, Roma: Dossier Le Polveri Assassine; Marzo 2004
14. HEINRICH J, WICHMANN HE: Traffic related pollutants in Europe and their effect on allergic disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2004; 4: 341-348
15. HOEK G, BRUNEKREEF B, FISCHER P, VAN WIJNEN J: The association between air pollution and heart failure, arrhythmia, embolism, thrombosis and other cardiovascular causes of death in a time series. *Epidemiology* 2001; 12: 355-357
16. HONG YC, LEE JT, KIM H, KWON HJ: Air pollution: a new risk factor in ischemic stroke mortality. *Stroke* 2002; 33: 2165-2169
17. HOWARD CV, MAYNARD RL: *Particulate matter: properties and effects upon health*. Oxford: BIOS Scientific Publishers; New York: Springer, 1999
18. Inquinamento dell'aria e patologie respiratorie. *Atti del Congresso nazionale*, Lecce, 26-28 febbraio 1998
19. JEREMY T, HONOR A: Incenerimento dei rifiuti ed effetti sulla salute - 4° Rapporto della Società Britannica di Medicina Ecologica, Giugno 2008, Seconda edizione
20. KREWSKI D: Evaluating the effects of ambient air pollution on life expectancy. *N Eng J Med* 2009; 360: 413-415
21. KREWSKI D, BURNETT RT, GOLDBERG MS, et al: *Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of particulate air pollution and mortality*. Special Report. Cambridge MA: Health Effects Institute, 2000
22. KREWSKI D, BURNETT R, GOLDBERG M, et al: Overview of the reanalysis of the Harvard Six Cities Study and American Cancer Society Study of particulate air pollution and mortality. *J Toxicol Environ Health A*: 2003; 66: 1507-1551
23. KRIVOSHTO IN, RICHARDS JR, ALBERTSON TE, DERLET RW: The Toxicity of diesel exhaust: implications for primary care. *J Am Board Fam Med* 2008; 21: 55-62
24. KRUMHOLZ HM: Diesel exhaust and cardiovascular events. *Journal Watch Cardiology* 2007; 1: 1
25. LEIKAUF GD, KLINE S, ALBERT RE, et al: Evaluation of a possible association of urban air toxics and asthma. *Environ Health Perspect* 1995; 103: s253-271
26. MAHESWARAN R, HAINING RP, BRINDLEY P, et al: Outdoor air pollution and Stroke in Sheffield, United Kingdom, Small-Area Geographical Study. *Stroke* 2005; 36: 239-243.
27. MARCONI A, CATTANI G, CUSANO MC, e coll: Materiale particellare aerodisperso. Rapporti ISTISAN 2006; 6: 37-50
28. MAYNARD RL, HOWARD CV: *Air pollution and health*. London: Academic Press 1999: 673-705
29. MILLS NL, TÖRNQVIST H, GONZALEZ MC, et al: Ischemic and thrombotic effects of dilute diesel-exhaust inhalation in men with coronary heart disease. *N Eng J Med* 2007; 357: 1075-1082
30. MINISTERO DELL'AMBIENTE, ALMA MATER STUDIO-RUM, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, COMUNE DI BOLOGNA: *Valutazione dell'esposizione della popolazione e degli effetti sulla salute di alcuni inquinanti atmosferici*. Bologna 29 Giugno 2002; Rapporto finale
31. MITTLEMAN MA: Air pollution, exercise, and cardiovascular risk. *NEJM* 2007; 357: 1147-1149
32. NEMMAR A, HOET PH, VANQUICKENBORNE B, et al: Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation* 2002; 105: 411-414
33. PEKKANEN J, PETERS A, HOEK G, et al: Particulate air pollution and risk of ST segment depression during submaximal exercise tests among subjects with coronary heart disease: the Exposure and Risk Assessment for Fine and Ultrafine Particles in Ambient Air (ULTRA) study. *Circulation* 2002; 106: 933-938
34. PETERS A, DOCKERY DW, MULLER JE, et al: Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation* 2001; 103: 2810-2815
35. PETERS A, LIU E, VERRIER RL, et al: Air pollution and

- incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology* 2000; *11*: 11-17
36. PONKA A, VIRTANEN M: Asthma and air pollution in Helsinki. *J Epidemiol Community Health* 1996; *50*: s59-s62
37. POPE CA III, EZZATI M, DOUGLAS W, DOCKERY DW: Fine-particulate air pollution and life expectancy in the Unites States. *Engl J Med* 2009; *360*: 376-386
38. POPE CA, BUMETT RT, THURSTON GD, et al: Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; *109*: 71-77
39. PRIANTE E, SCHIAVON I, BOSCHI G, et al: Urban air pollutant exposure among traffic policemen. *Med Lav* 1996; *87*: 314-322
40. SAMET JM, DOMINICI F, CURRIERO FC, et al: Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities 1987-1994. *N Eng J Med* 2000; *343*: 1742-1749
41. SAMOLI E, ANALITIS A, TOULOUMI G, et al: Estimating the exposure-response relationships between particulate matter and mortality within the APHEA multicity project. *Environ Health Perspect* 2005; *113*: 88-95
42. SCHWARTZ J, LADEN F, ZANOBETTI A: The concentration-response relation between PM_{2.5} and daily deaths. *Environ Health Perspect* 2002; *110*: 1025-1029
43. SCHWARTZ J: Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight US counties. *Epidemiology* 1999; *10*: 17-22
44. VERSO MG, TORRETTA R, PROVENZALI A, e coll: Esposizione professionale ad agenti inquinanti ambientali: studio osservazionale su un gruppo di edicolanti della città di Palermo. *G Ital Med Lav Erg* 2007; *29*: 890-893
45. VIMERCATI L, CARRUS A, RISCEGLI L, e coll: Monitoraggio biologico dell'esposizione professionale ad inquinanti atmosferici e valutazione dell'ipersensibilità individuale ad allergeni aerodispersi in vigili urbani. *G Ital Med Lav Erg* 2006; *28*: 380-381
46. WORLD HEALTH ORGANISATION: *Air Quality Guidelines*. Chapter 3, 1999
47. WORLD HEALTH ORGANISATION: *Regional Office for Europe, Copenhagen. Air Quality Guidelines for Europe*. WHO Regional Publications, Second Edition, 2000; Regional European Series N° 91
48. WORLD HEALTH ORGANIZATION: *The world health report 2002. Reducing risks, promoting healthy life*. Geneva 2002; (<http://www.who.int/whr/>)
49. ZANOBETTI A, SCHWARTZ J: Cardiovascular damage by airborne particles: are diabetics more susceptible. *Epidemiology* 2002; *13*: 588-592