

# Inquinamento ed effetti a breve termine sulla salute: dai progetti di ricerca alla sorveglianza epidemiologica

## Short-term effects of air pollution on human health: from epidemiological research to epidemiological surveillance

Francesco Forastiere e Annunziata Faustini per il Gruppo collaborativo EpiAir

Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario regionale, Regione Lazio

Corrispondenza: Francesco Forastiere, e-mail: forastiere@asplazio.it

### Riassunto

**Obiettivo:** questo articolo introduttivo descrive il contesto e le basi del Progetto EpiAir «Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione». EpiAir è un programma avviato dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM) finalizzato a progettare e realizzare un sistema di sorveglianza epidemiologica dei danni da inquinamento atmosferico nelle città italiane.

**Metodi:** sono state analizzate le informazioni disponibili sugli effetti sanitari avversi dell'inquinamento atmosferico in Europa e in Italia e sono stati individuati i punti critici e le potenzialità per l'avvio del progetto di sorveglianza epidemiologica.

**Risultati:** sono state definite le informazioni e le procedure da utilizzare nell'ambito di un sistema di sorveglianza degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico in Italia. Gli eventi sanitari da monitorare sono la mor-

talità giornaliera per cause non accidentali, cardiovascolari e respiratorie e i ricoveri ospedalieri per malattie cardio-respiratorie. La disponibilità di una rete di servizi epidemiologici e ambientali è un pre-requisito essenziale del sistema. Il sistema è stato applicato agli eventi d'interesse occorsi nel periodo 2001-2005 in dieci città italiane (Torino, Milano, Mestre, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Palermo, Cagliari).

**Conclusione:** sono state create le basi per avviare in Italia un programma di sorveglianza dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico urbano e per fornire indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati utili sia a guidare lo sviluppo di politiche di prevenzione, sia a valutare l'efficacia degli interventi preventivi sul breve e lungo periodo. (*Epidemiol Prev* 2009; 33(6) suppl 1: 5-12)

**Parole chiave:** inquinamento atmosferico, effetti a breve termine, metanalisi, sorveglianza epidemiologica, valutazione delle responsabilità

### Abstract

**Objective:** the present introductory paper illustrates the general framework of the Project EpiAir «Air pollution and Health: Epidemiological Surveillance and Primary Prevention», of the Italian Centre for Disease Control and Prevention, Italian Ministry of Health. The project was designed to provide methods and criteria for epidemiological surveillance of the health effects of air pollution in large Italian cities.

**Method:** we considered the relevant information available on the health effects of air pollution in Europe and in Italy, and the aspects critical to running a surveillance program.

**Results:** the project made available a system of data and information to evaluate the health effects of air pollution. Health outcomes of interest are daily mortality (non accidental causes, cardiovascular, and respiratory causes) and cardiorespiratory hospital admissions. The project collected standardized data for

the years 2001-2005 in ten Italian cities (Turin, Milan, Mestre, Bologna, Florence, Pisa, Rome, Taranto, Palermo, Cagliari). A network of public institutions in the field of environmental control and public health participated in the project. The surveillance system was set up for the period 2001-2005 in order to evaluate future trends in the environmental and health circumstances (2006-2010) using reliable and standardized methods.

**Conclusion:** we set up a long-term surveillance program of the health effects of air pollution in Italy to evaluate potential future preventive programs. (*Epidemiol Prev* 2009; 33(6) suppl 1: 5-12)

**Keywords:** air pollution, short-term effects, meta-analysis, epidemiological surveillance, accountability assessment

## Introduzione

Le evidenze epidemiologiche relative all'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico urbano, a partire dai gravi episodi di inquinamento degli anni Trenta-Cinquanta, hanno ispirato importanti decisioni legislative, a livello nazionale e sopranazionale, volte al contenimento dell'inquinamento atmosferico. I risultati degli studi epidemiologici condotti negli ultimi 15 anni<sup>1-4</sup> hanno avuto notevole importanza nella revisione delle linee guida sulla qualità dell'aria negli Stati Uniti<sup>5</sup> e in Europa.<sup>6,7</sup> A partire dal 1999 l'Unione europea ha stabilito limiti per le particelle sospese, il biossido di azoto l'ozono e la legislazione italiana ha recepito parte delle direttive europee nel contesto nazionale.<sup>8,9</sup>

In Italia sono stati condotti numerosi studi epidemiologici sugli effetti dell'inquinamento atmosferico, tema di interesse per i differenti livelli istituzionali coinvolti. Nel 2007 il Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM), organismo di coordinamento tra il Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali e le Regioni, ha promosso il Progetto EpiAir «Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica ed interventi di prevenzione» con l'obiettivo generale di definire i requisiti e le procedure di un sistema di sorveglianza epidemiologica dei danni da inquinamento atmosferico urbano in Italia.

In questo articolo introduttivo vengono descritte premesse e basi del Progetto EpiAir, necessarie a contestualizzare i metodi e ad apprezzare i risultati dell'indagine a cui è dedicato questo Supplemento della rivista *Epidemiologia e Prevenzione*.

## Gli inquinanti e gli effetti sanitari

L'Organizzazione mondiale della sanità considera l'incremento della morbosità cardiorespiratoria e l'aumento della mortalità come effetti sanitari accertati dell'inquinamento atmosferico, ancora documentabili persino nei Paesi sviluppati dotati di sistemi di controllo della qualità dell'aria.<sup>7</sup> La comunità clinica ha fornito importanti contributi alla diffusione e condivisione di queste evidenze scientifiche. Nel 2000 l'American Thoracic Society ha definito in modo sistematico gli effetti sulla salute attribuibili agli inquinanti ambientali distinguendo effetti di tipo acuto, che si manifestano nella popolazione in risposta a variazioni di breve periodo (orarie o giornaliere) della concentrazione degli inquinanti, ed effetti di tipo cronico, come la diminuzione della speranza di vita, conseguenti a esposizioni di lungo periodo.<sup>10</sup> Nel 2004 l'American Heart Association ha dichiarato documentata l'associazione tra rischio di eventi cardiovascolari e aumento della concentrazione del particolato atmosferico.<sup>11</sup>

## Polveri

Si ritiene che le polveri sospese in atmosfera, per le loro caratteristiche fisiche e tossicologiche, siano l'inquinante più

importante dal punto di vista dell'impatto sanitario e biologico.<sup>12</sup> Le polveri sospese consistono in una miscela di particelle, allo stato solido o liquido, di dimensione, origine e composizione variabili. Le polveri di diametro inferiore a 10 micron ( $\mu\text{m}$ ), definite PM10, sono quelle di prevalente interesse sanitario in quanto capaci di superare la laringe e depositarsi nelle vie aeree. Il PM10, d'altra parte, include diverse componenti:

- le polveri più grandi (*coarse*) hanno un diametro aerodinamico  $>2.5 \mu\text{m}$  e sono spesso di origine naturale (suolo);
- le polveri fini (diametro:  $<2.5 \mu\text{m}$ ), originano da diversi processi di combustione (veicoli, industrie, produzione di energia elettrica) e sono considerate la frazione più rilevante del PM10 dal punto di vista tossicologico;
- le polveri ultrafini (diametro:  $<0.1 \mu\text{m}$ ), anch'esse provenienti dai processi di combustione, hanno un tempo molto breve di residenza in atmosfera perché tendono ad aggregarsi o a coagulare; gli effetti sanitari delle polveri ultrafini sono oggetto di attenti studi scientifici.

Gli effetti acuti del particolato sulla salute consistono nell'aggravamento di preesistenti sintomi respiratori e cardiaci, in un aumento dell'incidenza di infezioni respiratorie acute e di disturbi circolatori e ischemici, nella precipitazione di crisi di asma bronchiale e nell'incremento dei tassi di mortalità generale.

Gli effetti di tipo cronico includono l'incremento della prevalenza di disturbi respiratori persistenti (tosse e catarro), la diminuzione della funzionalità polmonare, l'aumento d'incidenza della bronchite cronica e del tumore polmonare, la diminuzione della speranza di vita.<sup>7</sup> Il sistema italiano di controllo della qualità dell'aria prevede attualmente la misura delle concentrazioni di PM10 e, solo di recente e in alcune città, la determinazione dei livelli di particolato con diametro inferiore a 2.5 micron (PM2.5).

## Inquinanti gassosi: NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>

Tra le sostanze gassose, l'Organizzazione mondiale della sanità ha proposto il monitoraggio continuo e ha stabilito valori di riferimento per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>) e l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>).<sup>7</sup>

L'NO<sub>2</sub>, controllato regolarmente in Italia, è un valido indicatore dell'inquinamento da traffico autoveicolare: ricerche condotte in Europa e in Italia hanno dimostrato che è associato a una riduzione della funzionalità respiratoria, a un aumento della frequenza di sintomi respiratori e della mortalità, totale e per malattie cardiache e respiratorie.<sup>13,14</sup> Incrementi della concentrazione di NO<sub>2</sub> sono stati associati anche a un aumento dei ricoveri per malattie cardiache, soprattutto lo scompenso cardiaco e l'infarto del miocardio.<sup>15,16</sup> Tuttavia, gli studi disponibili non hanno chiarito se tali associazioni siano direttamente attribuibili alle concentrazioni di NO<sub>2</sub> oppure siano dovuti ad effetti di altri inquinanti di cui l'NO<sub>2</sub> è un indicatore.

L'ozono ( $O_3$ ) è un gas naturale presente negli strati alti dell'atmosfera con un'importante funzione di difesa dalle radiazioni solari; infatti, l'assottigliamento dello strato di ozono della stratosfera («buco dell'ozono») continua a suscitare preoccupazioni. La concentrazione di  $O_3$  nei bassi strati atmosferici (troposfera) è invece in continua crescita, come conseguenza del riscaldamento globale della Terra e dei livelli ambientali di ossidi di azoto e composti organici volatili che, attraverso complesse reazioni fotochimiche, ne provocano la formazione. A causa delle sue proprietà ossidanti, l' $O_3$  è oggi ritenuto responsabile di danni all'apparato respiratorio (stimolazione di processi infiammatori e induzione di iperreattività bronchiale), in particolare nei soggetti asmatici o affetti da bronchite cronica ostruttiva.<sup>7</sup> Aumenti della concentrazione di  $O_3$  nel periodo caldo dell'anno sono stati associati anche a incrementi della mortalità per malattie respiratorie e cardiache.<sup>17</sup>

### L'informazione scientifica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico a livello europeo

Fin dal suo inizio, nel 1993, il programma APHEA (*Short-term effects of air pollution and health: a european approach*) ha contribuito con numerose pubblicazioni alle conoscenze sugli effetti sanitari a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in diversi Paesi europei.<sup>18</sup>

A partire dal 1999 è stato avviato un programma che ha coinvolto 26 città in 12 Paesi europei, APHEIS (*Air pollution and health: a european information system*),<sup>19</sup> progettato come sistema di valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute. I risultati sono riassunti nei rapporti APHEIS, disponibili sul sito [www.apheis.net](http://www.apheis.net). L'unica città italiana coinvolta è stata Roma.

Nel triennio 2002-2004 è stata realizzata una collaborazione tra tutti i progetti europei nel campo della ricerca su inquinamento e salute, il progetto AIRNET (*A thematic network on air pollution and health*, [www.airnet.com](http://www.airnet.com)). L'obiettivo di questa rete era raccogliere, interpretare e divulgare i dati dei singoli progetti europei per rinforzare l'interazione tra scienza e politica e per fornire indicazioni utili a chi ha l'onere di promuovere interventi ai diversi livelli dell'organizzazione politico-amministrativa.

Questi studi hanno fornito dati importanti sull'impatto dell'inquinamento atmosferico nell'anticipare la mortalità e nell'aumentare il ricorso ai ricoveri ospedalieri, tuttavia è mancata una valutazione di impatto sulla salute degli interventi già messi in atto per controllare l'inquinamento.

Il nuovo progetto APHEKOM ([http://www.invs.sante.fr/prog\\_europeens/aphekom.htm](http://www.invs.sante.fr/prog_europeens/aphekom.htm)), avviato nel luglio 2008, include anche obiettivi di valutazione delle strategie attuate per ridurre l'inquinamento atmosferico a livello europeo, nazionale e locale, e promuove la divulgazione delle conoscenze scientifiche volte ad aumentare la consapevolezza dei governi e dei cittadini sul tema dell'inquinamento atmosferico.

### Le esperienze in Italia

In Italia sono stati realizzati numerosi studi epidemiologici con l'obiettivo di stimare l'associazione tra inquinanti atmosferici e salute. Alcuni sono direttamente legati a iniziative europee.

Lo studio MISA (Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico) ha contribuito in modo sostanziale alle conoscenze degli effetti dei principali inquinanti dell'aria sulla salute umana. Il progetto è iniziato nel 2000 e ha coinvolto 8 tra le principali città italiane (Torino, Milano, Verona, Ravenna, Bologna, Firenze, Roma e Palermo). Con riferimento a periodi variabili per città, compresi tra il 1990 e il 1999, ha stimato la relazione tra inquinamento ed esiti avversi per la salute, in termini sia di mortalità sia di ricoveri ospedalieri.<sup>20</sup> L'aggiornamento dei risultati, completato nel 2004, ha utilizzato tecniche di analisi aggiornate (MISA 2) e ha fornito stime d'effetto per 15 città italiane.<sup>14</sup>

Lo studio HEAPSS (*Health effects of air pollution in susceptible subpopulations*) ha valutato l'effetto degli inquinanti ambientali, in particolare particelle ultrafini, sugli eventi coronarici. In questo progetto sono state studiate cinque coorti europee di pazienti sopravvissuti a un infarto del miocardio.<sup>21-23</sup>

L'Organizzazione mondiale della sanità ha stimato l'impatto dell'inquinamento atmosferico in otto città italiane nel periodo 1998-1999; la frazione di mortalità naturale attribuibile a esposizioni croniche al particolato (concentrazioni medie annue di  $PM_{10}$ ) superiori a  $30 \mu g/m^3$  è risultata pari al 4.7%, mentre la stima della proporzione dei ricoveri ospedalieri attribuibili a esposizioni acute al particolato di breve periodo era 1.7% per le malattie cardiovascolari e 3% per le malattie respiratorie.<sup>24</sup> Ripetuto in 13 città per gli anni 2002-2004, lo studio ha riportato una riduzione degli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico rispetto al periodo precedente e ha descritto gli scenari ipotizzabili per riduzioni del 10% delle concentrazioni di  $PM_{10}$ .<sup>25</sup>

In Italia, i risultati degli studi, le stime di impatto e le proposte di intervento sono stati oggetto di discussione e hanno dato luogo a diversi provvedimenti locali, ma hanno raggiunto il livello nazionale in una sola occasione. Nel 2005 è stata istituita dal Ministero dell'ambiente la Commissione nazionale emergenza inquinamento atmosferico (CNEIA), di cui hanno fatto parte istituzioni ed enti con vocazione ambientale e sanitaria. Nel 2006 la commissione ha prodotto un'importante relazione sullo stato della situazione italiana, nel contesto europeo, definendo criteri per l'assegnazione di priorità, anche economiche, per far fronte alle direttive nazionali e comunitarie ([http://www.minambiente.it/index.php?id\\_sezione=1918](http://www.minambiente.it/index.php?id_sezione=1918), ultimo accesso 6.10.2009). Purtroppo, le conclusioni di tale commissione non hanno avuto una diffusione adeguata e sono state poco utilizzate nelle successive politiche nazionali e regionali.

### La sorveglianza epidemiologica

La sorveglianza epidemiologica è stata definita dall'OMS nel 1997 come un sistema finalizzato a raccogliere, aggregare, analizzare i dati sanitari e a trasmettere l'informazione a coloro che promuovono interventi di sanità pubblica o hanno bisogno della verifica d'efficacia dei programmi intrapresi (WHO Recommended surveillance standards, disponibile al sito [http://www.who.int/csr/resources/publications/surveillance/WHO\\_CDS\\_CSR\\_ISR\\_99\\_2\\_EN/en/](http://www.who.int/csr/resources/publications/surveillance/WHO_CDS_CSR_ISR_99_2_EN/en/), ultimo accesso: 5.10.2009). Le evidenze scientifiche disponibili depongono per un ruolo eziologico dell'inquinamento atmosferico nell'insorgenza di danni alla salute. Tuttavia, permangono questioni irrisolte che richiedono un approfondimento scientifico. In particolare, sono necessari ulteriori ricerche finalizzate a individuare le caratteristiche tossicologicamente rilevanti del particolato, a valutare la tossicità differenziale delle sue diverse componenti (in termini di frazioni dimensionali, chimiche e di sorgente). Sono, inoltre, necessari studi sugli effetti dell'esposizione contemporanea a più sostanze e sulla latenza degli effetti nocivi dell'esposizione.

D'altra parte, l'inquinamento atmosferico è un fattore di rischio con tre caratteristiche distintive: è diffuso alla totalità della popolazione, è in grado di indurre effetti sanitari avversi rilevanti (i rischi di malattie e di morte precoce sono piccoli a livello individuale, ma il numero di casi attribuibili nella popolazione generale è elevato) e presenta importanti modifiche temporali (a seguito di politiche di controllo, di modifiche di comportamenti e attività individuali, o di eventi naturali). Questi tre elementi suggeriscono, in modo sinergico, l'opportunità e l'urgenza di un sistema di sorveglianza epidemiologica continuo.

La **figura 1** illustra la collocazione che ha il sistema di sorveglianza epidemiologica nel contesto delle attività di controllo, monitoraggio e valutazione degli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico. Debitrice nei confronti dei sistemi di monitoraggio degli inquinanti atmosferici, su cui si basa la definizione dell'esposizione della popolazione, la sorveglianza epidemiologica contribuisce alla formulazione di ipotesi eziologiche, alla pianificazione di politiche di regolamentazione e alla valutazione dell'efficacia degli interventi di prevenzione e di controllo. La figura 1 contiene elementi che è utile esplicitare.

In primo luogo, lo sforzo comune implica un'assunzione di responsabilità da parte delle istanze tecniche e scientifiche nel rispondere al meglio delle proprie specifiche conoscenze al mandato di proposizione di interventi efficaci per il contenimento dell'inquinamento e di scelta delle priorità di intervento per la tutela della salute.

In secondo luogo, vi è una continuità temporale della sorveglianza che, giustificata dall'impatto sanitario atteso a livello di collettività, risponde anche alla necessità di valutare i risultati dei singoli interventi mirati al contenimento dell'inquinamento tenendo conto delle variazioni tempora-

li dell'esposizione e dei suoi effetti. Infine, sembra ragionevole attendersi che una maggiore integrazione tra monitoraggio ambientale e sorveglianza epidemiologica possa comportare, da parte dei tecnici ambientali, lo sviluppo di indicatori di esposizione più adeguati alla valutazione dell'impatto sanitario e da parte degli epidemiologi una maggiore attenzione allo studio di eventuali rischi associati all'esposizione a ulteriori specifici inquinanti ambientali.

### Problemi e opportunità nella situazione italiana

■ Le caratteristiche dell'inquinamento ambientale sono in rapido cambiamento grazie alle modifiche tecnologiche dei motori auto e del parco autoveicolare circolante e al miglioramento della qualità dei combustibili. Il contributo qualitativo dell'inquinamento industriale, oggi in rapida evoluzione, può condizionare la composizione e le caratteristiche dell'inquinamento atmosferico. Sarà importante valutare nei prossimi anni gli effetti delle modifiche delle emissioni in corso.

■ Manca tuttavia in Italia un coordinamento adeguato tra chi gestisce le informazioni sulle concentrazioni ambientali, chi si occupa di salute pubblica, di ambiente, trasporti ed energia, chi si occupa di ricerca epidemiologica e tossicologica, chi deve prendere decisioni a livello nazionale e locale. Chi lavora nel campo della valutazione degli effetti sulla salute delle esposizioni ambientali ha bisogno di basi di dati sull'inquinamento atmosferico per pianificare ricerche adeguate e testare nuove ipotesi utili per gli interventi di sanità pubblica.

■ In Italia non sono ancora mai state realizzate esperienze integrate di valutazione di efficacia delle politiche di contenimento dell'inquinamento da traffico veicolare, né sono state mai prodotte linee guida sistematiche e operative sugli interventi che promettono un migliore rapporto costo-efficacia. Gli interventi di riduzione e controllo dell'inquinamento da traffico, a breve e a lungo termine, non sono stati oggetto di processi di valutazione di efficacia neppure a livello locale.

■ Esiste in Italia una rete informale di collaborazione tra strutture ambientali ed epidemiologiche che ha già prodotto interessanti esperienze di valutazione integrata degli effetti sanitari di diversi inquinanti ambientali. L'esperienza dello studio SIDRIA (Studio italiano sui disordini respiratori e l'infanzia),<sup>26</sup> dello studio MISA<sup>14</sup> e della collaborazione all'interno dello studio SISTI (Studio italiano suscettibilità temperatura ed inquinamento)<sup>27</sup> forniscono validi esempi di stili di lavoro collaborativi.

### Valutazione degli interventi

Per valutare gli interventi di riduzione dell'inquinamento atmosferico sono indispensabili tre elementi:

■ la conoscenza delle fonti inquinanti (quali e quante sono, come sono distribuite sul territorio, quali sono le caratteristiche delle loro emissioni);

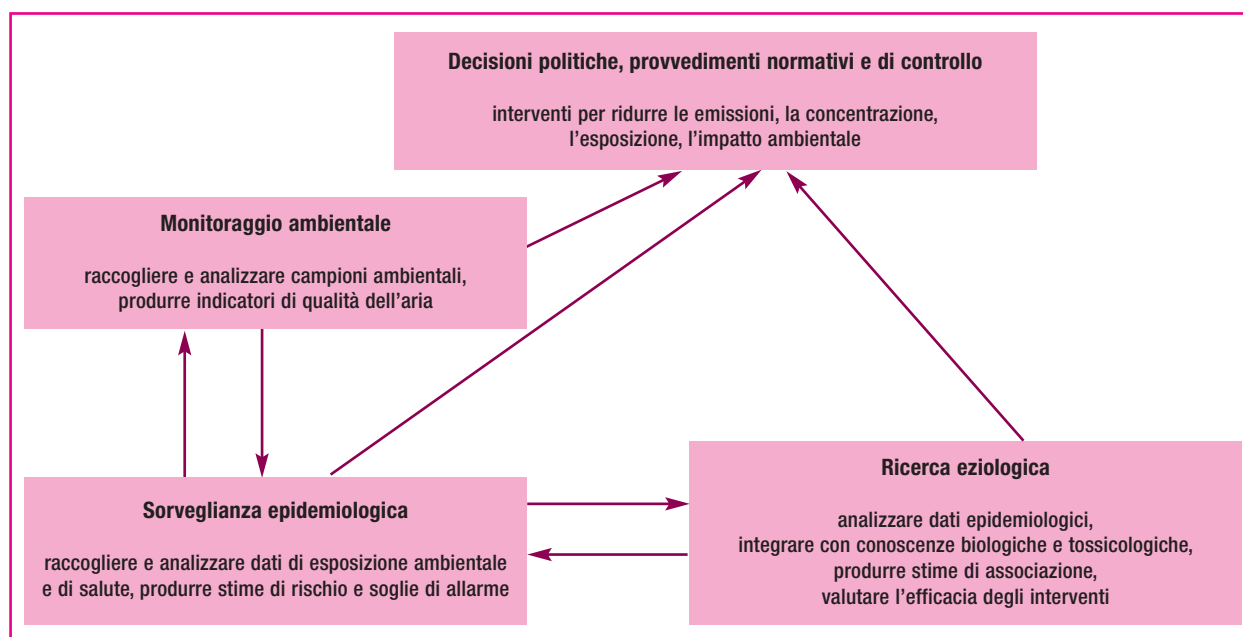


Figura 1. Collocazione del sistema di sorveglianza epidemiologica nel contesto delle attività di controllo, monitoraggio e valutazione degli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico.

Figure 1. The relationship of epidemiological surveillance with regulatory actions, air quality monitoring and epidemiological assessment of health effects.

- il monitoraggio degli inquinanti atmosferici e la valutazione del loro impatto sanitario;
- la disponibilità di misure e interventi per il contenimento dell'inquinamento.

L'inventario nazionale delle emissioni (disponibile al sito [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi\\_per\\_l'Ambiente/Inventario\\_delle\\_Emissioni\\_in\\_Atmosfera\\_\(CORINAIR-IPCC\)/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Inventario_delle_Emissioni_in_Atmosfera_(CORINAIR-IPCC)/), ultimo accesso 5.10.2009) è un'utile base informativa per gli aspetti relativi alle emissioni industriali che consente di produrre e modificare le normative che ne regolano la composizione chimica e le condizioni di esercizio (autorizzazione). Nonostante l'inventario produca anche stime delle emissioni relative alle attività agricole, allo smaltimento dei rifiuti, al trasporto autoveicolare e alle attività quotidiane dei cittadini, problemi di completezza delle informazioni limitano talora il loro utilizzo quale supporto alle decisioni in questi settori. Alcune emissioni, infine, quali quelle legate al trasporto aereo e marittimo, non rientrano ancora nelle normative internazionali di regolamentazione e controllo.

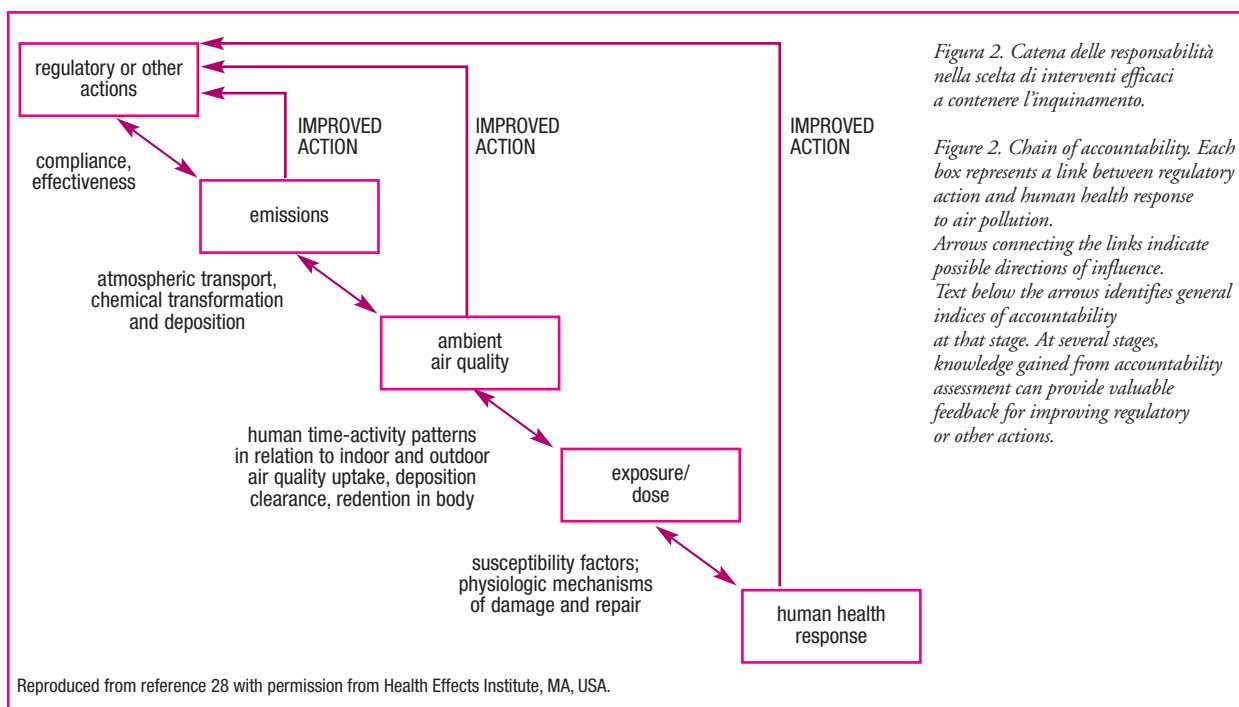
Sono in atto diversi interventi per il contenimento delle emissioni prodotte da attività umane diffuse sul territorio. Per il riscaldamento domestico, si incentiva la sostituzione degli impianti a carbone o a oli minerali con combustibili meno inquinanti. Per il traffico veicolare, la principale fonte di emissione degli inquinanti nei centri urbani, il tema del contenimento dell'inquinamento atmosferico è stato affrontato con diverse politiche, ma non è stata programmata una valutazione del loro impatto generale.

Emerge dunque la necessità di sviluppare, parallelamente alle politiche di intervento, un sistema di valutazione della loro efficacia capace di utilizzare le informazioni dei sistemi di monitoraggio, adottati separatamente dai molti settori competenti ciascuno sugli indicatori sanitari, ambientali, urbanistici, energetici ecc. La finalità di tale approccio è in particolare quella di evitare interventi settoriali costosi, inefficaci e qualche volta con ricadute negative sia dal punto di vista delle istituzioni sia da quello del benessere dei cittadini.

In questa prospettiva, gli studi di valutazione delle responsabilità (*accountability studies*) nella scelta di interventi efficaci a contenere l'inquinamento, come definiti dall'agenzia statunitense Health Effect Institute (HEI), rappresentano una proposta metodologica di importanza notevole.

La **figura 2**, tratta da uno dei rapporti dell'HEI,<sup>28</sup> descrive la catena di processi che collega gli interventi regolatori e normativi alle ricadute sanitarie, individuando i punti critici di controllo che consentono di identificare i fattori responsabili di un aumento dell'esposizione individuale e delle relative conseguenze sanitarie. Sotto ciascun riquadro sono riportati i parametri (attività umane, suscettibilità) e i fenomeni (trasporto in atmosfera, trasformazione chimica, qualità dell'aria in ambiente interno ed esterno) di cui è necessario definire le caratteristiche per valutare l'importanza di ciascun nodo della catena. Le frecce indicano le influenze reciproche tra istanze tecniche, scientifiche e decisionali e segnalano da quale dei punti critici tra le sorgenti di emissione, le concentrazioni degli inquinanti nell'aria, e gli effetti sanitari rilevati, emerge





l'indicazione di sollecitare le istanze politico/amministrative a predisporre interventi di revisione delle normative. L'approccio metodologico soggiacente alle valutazioni di *accountability*, proposto solo di recente, richiede ulteriori sviluppi. In particolare, si dovrà tenere conto delle seguenti considerazioni:

- gli interventi a livello locale, regionale e sopranazionale possono sovrapporsi;
  - i tempi necessari a ottenere miglioramenti della qualità dell'aria e ricadute positive sulla salute umana possono essere diversi, essendo verosimilmente influenzati da fattori quali l'intensità e la durata di esposizioni i cui effetti sono ancora poco noti.
- Ciononostante, questo approccio promette di fornire soluzioni a molti problemi metodologici legati alla valutazione di efficacia delle misure di controllo anche nel contesto italiano. Esempi di *accountability studies*, che ben ne illustrano la potenzialità, sottolineandone allo stesso tempo le difficoltà metodologiche e le incertezze nell'interpretazione, sono:
- la valutazione dell'impatto della *congestion charge* (tassa per la congestione del traffico) nella città di Londra,<sup>29</sup> che ha messo in luce la riduzione delle concentrazioni inquinanti, ma non delle conseguenze sanitarie;
  - la valutazione delle limitazioni al traffico autoveicolare durante le olimpiadi di Atlanta del 1996, che ha rivelato una riduzione della frequenza di episodi asmatici,<sup>30</sup> ma non del numero di prestazioni di Pronto soccorso per patologie respiratorie o cardiovascolari;<sup>31</sup>
  - la riduzione della mortalità osservata negli Stati Uniti in relazione all'implementazione di un piano di interventi mi-

rato alla riduzione complessiva delle polveri durante il periodo 1987-2000. Questo studio introduce elementi metodologici importanti, potenzialmente capaci di individuare differenze temporali nell'impatto sanitario attribuibili a misure di controllo sulla qualità dell'aria, tenendo conto del trend temporale e dell'eterogeneità dovuta alle specifiche caratteristiche delle aree studiate.<sup>32</sup>

### Che cosa ha realizzato il Progetto EpiAir

Il Progetto EpiAir è frutto delle attività internazionali di collaborazione scientifica di diversi ricercatori italiani nel quadro di progetti promossi dall'Unione europea, nonché dell'esperienza maturata dai servizi sanitari e dalle agenzie regionali per l'ambiente incaricate di sorvegliare lo stato di salute della popolazione e lo stato dell'ambiente.

Il Progetto EpiAir :

- ha visto una forte integrazione multidisciplinare fra tecniche epidemiologiche e tecniche di rilevazione ambientale;
- ha messo a punto e reso disponibile in Italia un sistema di valutazione degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità giornaliera (per tutte le cause non accidentali e per le cause cardiovascolari e respiratorie) e sui ricoveri ospedalieri (per cause cardiorespiratorie); il sistema ha fornito informazioni standardizzate su dieci città italiane (Torino, Milano, Mestre, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Palermo, Cagliari);
- si è avvalso di una rete di servizi epidemiologici e ambientali esistenti in Italia per consolidare la sorveglianza epidemiologica relativa al periodo 2001-2005 e permettere la valutazione delle evoluzioni future del quadro ambientale e

sanitario (2006-2010) in modo affidabile e standardizzato. In sintesi, il Progetto ha realizzato:

■ Linee guida per l'interpretazione dei dati di esposizione a inquinanti ambientali, dei dati tossicologici e dei dati epidemiologici. E' stato realizzato il Quaderno di *EP* che accompagna questo supplemento: *Inquinamento atmosferico e salute umana ovvero come orientarsi nella lettura e interpretazione di studi ambientali, tossicologici ed epidemiologici* (Baldacci et al.).<sup>33</sup> Si tratta di uno strumento di possibile larga diffusione dedicato a tutti gli operatori della prevenzione e dell'ambiente.

■ La raccolta sistematica dei dati sui parametri ambientali a rilevanza sanitaria nelle grandi città italiane. Questi risultati sono descritti in questo volume nell'articolo di Berti et al. (pagina 13). L'articolo di Zanini (pagina 35) illustra i modelli oggi disponibili per la stima di indicatori nazionali del livello di inquinamento atmosferico. Poncino et al. (pagina 27) richiamano l'attenzione sul valore dei dati meteorologici per comprendere i fenomeni di dispersione degli inquinanti nel contesto urbano.

■ L'analisi dei fenomeni sanitari rilevanti (mortalità e ricoveri ospedalieri), per il monitoraggio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico nelle grandi città italiane, e i metodi di caratterizzazione del profilo sanitario individuale utile a definire fattori di vulnerabilità all'inquinamento ambientale sono oggetto dell'articolo di Galassi et al. (pagina 43).

■ I rapporti tecnici sulle misure di associazione tra inquinanti ambientali ed effetti sanitari target (mortalità e ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari e respiratorie) corredati da una stima della popolazione a rischio e delle sue caratteristiche. L'approccio metodologico utilizzato è illustrato nell'articolo di Stafoggia et al. (pagina 53). I risultati relativi all'analisi dell'associazione tra inquinamento atmosferico e mortalità sono descritti nell'articolo di Stafoggia et al. (pagina 65). I risultati sui ricoveri ospedalieri sono illustrati nell'articolo di Colais et al. (pagina 77). L'articolo di Biggeri e Baccini (pagina 95) confronta metodi e risultati del presente progetto con quanto riscontrato nel progetto MISA e presenta interessanti spunti interpretativi. Cadum et al. (pagina 113), infine, riassumono e commentano i risultati del progetto in una chiave interpretativa di vasto respiro.

■ La revisione sistematica degli studi di efficacia delle misure per la riduzione dell'inquinamento atmosferico. I risultati sono stati pubblicati su *Epidemiologia e Prevenzione*.<sup>34</sup>

■ Il repertorio delle azioni locali intraprese dalle amministrazioni dei dieci Comuni di EpiAir per ridurre l'inquinamento atmosferico da traffico veicolare e i suoi effetti sulla salute sono riportati nell'articolo di Nuvolone et al. (pagina 103).

Gran parte dei risultati di EpiAir sono dunque pubblicati in questo volume monografico. Uno speciale ringraziamento va a tutti coloro che hanno lavorato con entusiasmo e professionalità per realizzare il Progetto.

**Conflitti di interesse:** Francesco Forastiere è membro della commissione consultiva del Comune di Roma sull'inquinamento atmosferico.

## Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare Susanna Lagorio dell'Istituto superiore di sanità (Roma) per i numerosi consigli e suggerimenti nella redazione di questo articolo.

## Bibliografia

1. ATS, Committee of the environmental and occupational health assembly of the American thoracic society (CEOHA-ATS). Health effects of outdoor air pollution. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 3-50.
2. Pope CA III, Dockery DW. Epidemiology of particle effects. In: Holgate ST, Koren H, Maynard R, Samet J eds. *Air pollution and health*. London (England), Academic Press 1999: 673-705.
3. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet* 2002; 360: 1233-42.
4. Pope CA III, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc* 2006; 56: 709-42.
5. US-EPA United States Environmental Protection Agency Office of research and development. Air quality criteria for particulate matter. Washington DC, 1996: EPA/600/P-95/001CF.
6. World health organization. Air quality guidelines for Europe, Second edition. Copenhagen, Denmark: World health organization 2000. Available at <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf> (ultimo accesso 28.9.2009).
7. World health organization. Air quality guidelines. Global update 2005. Copenhagen (Denmark), World Health Organization 2006. Available at <http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf> (ultimo accesso 28.9.2009).
8. Unione europea. Direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo. *Gazzetta ufficiale* n. L 163/41, 29.6.1999, recepita con DM 60/2002.
9. Unione europea. Direttiva 2000/69/CE del Consiglio del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene e il monossido di carbonio nell'aria ambiente. *Gazzetta ufficiale* n. L 313/12, 31.12.2000, recepita con DM 60/2002.
10. ATS. What constitutes an adverse health effect of air pollution? Official statement of the American Thoracic Society. *Am J Respir Care Med* 2000; 161: 665-73.
11. Brook RD et al. Air pollution and cardiovascular disease a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation* 2004; 109: 2655-71.
12. Seaton A, MacNee W, Donaldson K et al. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet* 1995; 345: 176-78.
13. Samoli E, Aga E, Touloumi G et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Resp J* 2006; 27: 1129-38.
14. 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 (4-5) Suppl: 4-100.
15. Barnett AG, Williams GM, Schwartz J et al. The effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular disease in elderly people in Australian and New Zealand cities. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 1018-23.
16. Zanobetti A, Schwartz J. Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. *J Epidemiol Community Health* 2006; 60: 890-95.
17. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K et al. Acute effects of ozone on mortality from the «air pollution and health: a European approach» project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 170(10): 1080-87.
18. Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C et al. Short term effects of air pol-

- lution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50: S12-S18.
19. Medina S, Plasencia A, Ballester F, Mucke HG, Schwartz J; Apheis group. Apheis: public health impact of PM10 in 19 European cities. *J Epidemiol Community Health* 2004; 58: 831-36.
20. Biggeri A, Bellini P, Terracini B; Italian MISA Group. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution. *Epidemiol Prev* 2001; 25 (2) Suppl: 1-71. Italian
21. Forastiere F, Stafoggia M, Picciotto S et al. A case-crossover analysis of out-of-hospital coronary deaths and air pollution in Rome, Italy. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172:1549-55. Epub 2005 Jun 30.
22. von Klot S, Peters A, Aalto P et al.; HEAPSS Study group. Ambient air pollution is associated with increased risk of hospital cardiac readmissions of myocardial infarction survivors in five European cities. *Circulation* 2005; 112: 3073-79 (Erratum in: *Circulation* 2006; 113: e71).
23. Lanki T, Pekkanen J, Aalto P et al. Associations of traffic-related air pollutants with hospitalisation for first acute myocardial infarction. The HEAPSS study. *Occup Environ Med* 2006; 63: 344-51.
24. World health organization. Health impact assessment of air pollution in the eight largest Italian cities. Rome (Italy), World health organization 2002. Available at [http://www.euro.who.int/healthimpact/MainActs/20020619\\_2](http://www.euro.who.int/healthimpact/MainActs/20020619_2) (ultimo accesso 28.9.2009).
25. World health organization. Health impact of PM10 and ozone in 13 Italian cities. Copenhagen (Denmark), World health organization 2006. Available at <http://www.euro.who.int/healthimpact/MainActs/200206192> (ultimo accesso 28.9.2009).
26. Galassi C, Biggeri A, Ciccone G, Forastiere F; SIDRIA Phase 1 collaborative group. Environment and respiratory diseases in childhood: the Italian experience. *Int J Occup Environ Health* 2005; 11: 103-106.
27. Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology* 2006; 17: 315-23.
28. van Erp AM, Cohen AJ. HEI's Research program on the impact of actions to improve air quality: interim evaluation and future directions. Communication 14. Boston (MA), Health Effects Institute 2009.
29. Tonne C, Beevers S, Armstrong B et al. Air pollution and mortality benefits of the London congestion charge: spatial and socioeconomic inequalities. *Occup Environ Med* 2008; 65:620-27.
30. Friedman MS, Kenneth E. Powell KE et al. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 summer olympic games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 2001; 285: 897-905.
31. Peel J, Klein M, Flanders WD et al. Impact of improved air quality during the 1996 Atlanta olympic games on cardiovascular and respiratory emergency department visits. International Society of Environmental Epidemiology, OS11.7.5, Dublin, ISEE 2009.
32. Dominici F, Peng RD, Zeger SL et al. Particulate air pollution and mortality in the United States: did the risks change from 1987 to 2000? *Am J Epidemiol* 2007; 166: 880-88.
33. Baldacci S, Maio S, Viegi G; Gruppo collaborativo EpiAir (a cura di). Inquinamento atmosferico e salute umana. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (6) suppl 2: 1-72.
34. Nuvolone D, Barchielli A, Forastiere F; Gruppo collaborativo EpiAir. Valutare l'efficacia degli interventi sulla mobilità urbana ai fini del miglioramento della qualità dell'aria e della salute dei cittadini: una revisione della letteratura scientifica. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (3): 79-87.