



Dipartimenti di Prevenzione delle ULSS della Provincia di Verona

QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE

Dalle conoscenze scientifiche emergono sempre più conferme che la cattiva qualità dell'aria respirata incide in modo significativo sulle condizioni di salute della popolazione esposta. L'interesse per questo fattore di rischio sanitario ambientale è dovuto alle seguenti circostanze

- gli inquinanti atmosferici determinano effetti sulla popolazione generale indipendentemente dalla volontà del singolo individuo;
- la gravità degli effetti sulla salute umana, sia a breve che a lungo periodo, è direttamente proporzionale alla concentrazione degli inquinanti e al tempo e/o modalità di esposizione;
- l'esposizione ad inquinanti atmosferici può potenziare l'azione di altri fattori di rischio, sia comportamentali che ambientali (es. fumo di sigaretta, radon).

All'inquinamento atmosferico è attribuibile una quota rilevante di morbosità acuta e cronica, come confermato anche da recenti studi epidemiologici nazionali che includono anche città del Veneto, e una diminuzione della speranza di vita dei cittadini che vivono in aree con livelli di inquinamento elevato. Molti studi indicano che particolari sostanze inquinanti sono più nocive per la salute: ad esempio nell'ambito dell'emissioni veicolari viene indicata una maggiore nocività dei motori diesel.

Tra gli studi specifici il MISA2, metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane per un totale di più di nove milioni di abitanti, ha evidenziato un aumento della mortalità giornaliera per tutte le cause naturali per incrementi di concentrazione degli inquinanti atmosferici studiati (in particolare NO₂ 0.6%; CO 1.2%; PM₁₀ 0.31%). Tale rilievo riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie e la ricoverabilità per malattie cardiache e respiratorie

Lo studio sulle 13 città italiane conclude che l'inquinamento atmosferico ha un largo impatto sulla salute nelle città italiane. Nel periodo compreso tra il 2002 ed il 2004, in media 8220 morti all'anno (corrispondenti al 9% della mortalità per tutte le cause di morte -escluso gli incidenti- nella popolazione al di sopra dei 30 anni), sono risultati attribuibili a concentrazioni di PM₁₀ superiori a 20 µg/m³, tenendo in considerazione anche gli effetti a lungo termine.

Anche studi recenti confermano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico è correlata ad un aumento delle malattie cardiovascolari, con particolare riguardo alla cardiopatia ischemica.

Viceversa è dimostrato che la riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico comporta un miglioramento delle condizioni di salute: una riduzione delle concentrazioni di PM_{2,5} è associata ad un ridotto rischio di mortalità (totale, cardiovascolare, da cancro del polmone), ad un aumento dell'aspettativa di vita e a una migliore prognosi a lungo termine dei soggetti affetti da insufficienza cardiaca.

I dati scientifici disponibili indicano la necessità di adottare azioni preventive per ridurre l'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici, come suggerito tra l'altro dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità.

Perciò, sulla base di queste considerazioni, si ritiene necessaria l'adozione di piani organici di intervento per ridurre l'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici, individuando prioritariamente le zone a

maggior rischio. In conformità a quanto evidenziato dall'OMS si richiede non tanto di adottare interventi emergenziali quanto di progettare azioni strutturali e permanenti, indicazioni fornite anche dalla Comunità Europea per lo sviluppo dei piani di azione di qualità dell'aria. Gli obiettivi che proponiamo riguardano una riduzione delle concentrazioni medie di inquinanti atmosferici ma soprattutto l'individuazione delle aree maggiormente inquinate e la riduzione dell'esposizione della popolazione che vive in queste zone. Spesso in queste aree vivono persone che sono svantaggiate anche dal punto di vista sociale e questo comporta l'accumulo di fattori di rischio per la salute che si traducono in un maggior carico di malattie. Un'altra priorità è rappresentata dalla necessità di tutelare le persone che per vari motivi sono ritenute più vulnerabili; per questo si ritiene che particolare attenzione debba essere riservata alle strutture che accolgono bambini in tenera età o persone malate. Benché il problema dell'inquinamento sfugga in gran parte al controllo degli individui e dipenda prevalentemente da strategie e azioni pubbliche è molto importante che tutti i cittadini siano preventivamente informati, coinvolti nelle scelte e supportati nella scelta di tenere comportamenti responsabili. Il sistema sanitario deve promuovere attivamente azioni preventive trasversali che possono interessare molti settori (trasporti, residenzialità, produzione di energia e industria) e deve partecipare allo sviluppo ed al rafforzamento di azioni di lungo respiro per la riduzione dei rischi dovuti all'inquinamento atmosferico. Una delle specifiche azioni proprie del sistema salute è la valutazione dell'impatto sanitario di piani e programmi che riguardano il territorio.

Una concretizzazione importante di tali azioni a livello locale è rappresentata dall'accordo tra pubbliche amministrazioni della provincia di Verona per la redazione del Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria, siglato in data 19 dicembre 2008. L'accordo prevede un coordinamento tecnico-scientifico e organizzativo tra 18 comuni dell'area metropolitana di Verona, l'Amministrazione provinciale, il Dipartimento di Prevenzione dell'ULSS 20 quale rappresentante dei Dipartimenti della Provincia e l'università di Trento, facoltà di Ingegneria Civile e Ambientale, al fine di definire, con modalità coerenti e condivise, obiettivi e azioni finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria nel comune capoluogo e in quelli dell'area metropolitana.

MECCANISMI D'AZIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Le manifestazioni cliniche a carico del sistema respiratorio sono molto varie e possono spaziare da una semplice irritazione delle prime vie aeree, alla fibrosi polmonare, alle malattie respiratorie croniche ostruttive, all'asma, all'enfisema, al cancro, fino alla morte. Gli effetti irritanti sono solitamente reversibili, ma l'esposizione cronica a un irritante può comportare l'insorgenza di un danno permanente a livello cellulare.

I gas irritanti, idrosolubili, come l'SO₂, possono provocare sul sito di deposizione reazioni infiammatorie della mucosa (rinite, bronchite e alveolite), nel caso di esposizioni acute. Per esposizioni prolungate a quantitativi anche non elevati si possono avere fenomeni di broncocostrizione. E' stato inoltre accertato un effetto irritativo sinergico in caso di esposizione combinata con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di veicolare l'SO₂ nelle zone respiratorie del polmone profondo interferendo con le funzioni dell'epitelio ciliare.

L' NO₂ è un irritante delle vie respiratorie e degli occhi. Le acquisizioni più recenti individuano nello stress ossidativo e nitrosativo i maggiori responsabili delle conseguenze sulla salute dei composti di azoto. In conseguenza di questa situazione si verificano processi infiammatori a livello tissutale che possono dar luogo a vere e proprie patologie degenerative. Possibili effetti sanitari dell'esposizione all'NO₂ sono l'aumento della resistenza al passaggio dell'aria nelle vie aeree, il decremento della funzionalità polmonare, in particolare negli asmatici. Un'esposizione prolungata può aumentare l'incidenza delle malattie respiratorie e dar luogo ad alterazioni strutturali dell'apparato respiratorio fino all'enfisema.

L' O₃ è un irritante per tutte le mucose e una esposizione acuta o prolungata può causare tosse, mal di testa ed edema polmonare. La pericolosità dell'ozono deriva dall'alto potere ossidante della sua molecola e dalla capacità di giungere facilmente a livello alveolare. I primi sintomi sono irritazione degli occhi e disturbi respiratori. Un'esposizione acuta a O₃ può creare problemi quali riduzione della funzione polmonare, comparsa di iper-reattività bronchiale fino alla insorgenza di edema polmonare: questi danni sono in genere

reversibili una volta cessata l'esposizione. Un'esposizione prolungata a concentrazioni anche non elevate provoca fenomeni di sensibilizzazione e irritazione persistenti.

Anche il PM può penetrare all'interno dei polmoni, interferendo con l'attività respiratoria dei bronchioli e degli alveoli polmonari

- 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 permanenza in atmosfera perché tendono ad aggregarsi o a coagulare; gli effetti sanitari delle polveri ultrafini sono oggetto di attenti studi scientifici.

Il PM può veicolare numerosi microinquinanti adsorbiti sulla sua superficie, come metalli e IPA, e questo spiega la sua capacità di indurre anche effetti mutageni sull'uomo. E' riportato in letteratura l'effetto combinato di PM e Nitro-IPA, composto organico che si forma dai processi di combustione dei composti organici reagenti con l' NO_2 presente in atmosfera. La combinazione di elevata intensità di traffico e di elevata percentuale di motori diesel determina una elevata concentrazione di Nitro-IPA in atmosfera e quindi aumenta la probabilità di effetti mutageni da parte del PM.

In genere, le frazioni più piccole di PM (PM0.1, PM2.5) hanno una più elevata capacità di danno nell'organismo, contengono la più alta concentrazione di composti organici (per esempio IPA) e hanno un'elevata capacità di produrre radicali liberi, dovuta alla presenza sulla superficie di metalli di transizione quali il cobalto, il rame, il ferro, il manganese, il nickel, il vanadio e il titanio. La produzione di radicali liberi causa danni alle membrane lipidiche, alle proteine e al DNA. I radicali liberi causano infiammazioni polmonari e possono contribuire o causare danni allo sviluppo polmonare e malattie polmonari, quali la BPCO, l'asma e la fibrosi cistica.

EFFETTI SULLA SALUTE

Si riportano le principali conseguenze sulla salute dell'esposizione a inquinanti atmosferici:

1. Gli **effetti acuti**, o a breve termine, (aumento della mortalità giornaliera -escluse le morti accidentali-, aumento dei ricoveri in ospedale per malattie respiratorie e cardiocircolatorie, aumento degli attacchi di asma negli asmatici, aumento dell'uso dei farmaci broncodilatatori negli asmatici) si manifestano nella popolazione in risposta agli incrementi di breve periodo (orari o giornalieri) delle concentrazioni degli inquinanti.
2. Gli **effetti cronici**, o a lungo termine, sono la conseguenza di un'esposizione di lungo periodo e comprendono sintomi respiratori cronici quali tosse e catarro, diminuzione della capacità polmonare, aumento della bronchite e dei disturbi respiratori nei bambini, bronchite cronica e tumore polmonare, aumento complessivo della mortalità
3. **Effetti sullo sviluppo polmonare**: esistono dati scientifici congruenti che dimostrano associazioni tra inquinamento atmosferico e alterazioni dello sviluppo polmonare.

Sia gli effetti acuti che cronici possono comportare un aumento nella mortalità generale ed una diminuzione nella speranza di vita. Secondo l'OMS l'esposizione al particolato fine accorcia in media la vita di ogni persona all'interno dell'Unione Europea di 8.6 mesi e i valori salgono per l'Italia a 9 mesi di vita nel 2000¹

1. Effetti a breve termine

I primi studi sul legame tra eventi sanitari acuti e inquinamento atmosferico sono stati condotti a partire dagli anni Trenta studiando la mortalità totale per cause naturali (esclusa quella per cause violente), per cause respiratorie, per cause cardiache e i ricoveri ospedalieri, sia per patologie respiratorie che cardiache.

I risultati delle indagini epidemiologiche condotte in varie città negli Stati Uniti e in Europa hanno dimostrato che a ogni incremento degli inquinanti atmosferici è associato un incremento di eventi negativi per la salute, in misura maggiore di tipo respiratorio e cardiaco.

Uno studio italiano molto recente -Inquinamento atmosferico e mortalità Progetto EpiAir- ha confermato l'incremento di rischio di mortalità e morbosità correlato all'inquinamento atmosferico nella popolazione adulta in 10 città italiane nel periodo 2001-2005 2.1

Gli studi hanno dimostrato che l'inquinamento atmosferico fa precipitare fino al decesso le condizioni di salute più critiche, ma peggiora anche lo stato di salute dei soggetti con condizioni meno gravi, ciò contribuisce all'aumento della mortalità o all'aumento dei ricoveri nei giorni successivi al picco se l'inquinamento rimane elevato.

¹ E' stato valutato l'effetto dell'esposizione a PM_{2,5} sulla mortalità in nove città della California: per ogni incremento di 15 µg/m³ di PM_{2,5} sono stati riportati incrementi della mortalità dello 0,61% per tutte le cause, dello 0,70% per le cause cardiovascolari e del 2,05% per le cause respiratorie³

Una conferma europea di questi risultati proviene dallo studio Air Pollution and Health, a European Approach - APHEA 2, anche in questo caso, a incrementi giornalieri nel PM₁₀ corrispondono incrementi nella mortalità generale⁴

I risultati sono stati confermati anche in Italia dallo studio MISA (Metanalisi italiana degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico) studio condotto, nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane per un totale di più di nove milioni di abitanti. Lo studio ha evidenziato un aumento della mortalità giornaliera per tutte le cause naturali collegato ad incrementi della concentrazione degli inquinanti atmosferici studiati (in particolare NO₂ 0.6%; CO 1.2%; PM₁₀ 0.31%). Tale rilievo riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie e la ricoverabilità per malattie cardiache e respiratorie. Le stime dei decessi annui attribuibili nel comune di Verona, secondo quanto accaduto nel periodo 1999-2002, variano da 10 (valore basso) a 90 (valore alto) e corrispondono ad 1 decesso su 168 attribuibili ogni 30 giorni ipotesi bassa 7 decessi su 168 attribuibili ogni 30 giorni ipotesi alta⁵

Per quanto riguarda l'ozono lo studio APHEA 2 ha evidenziato che un incremento della concentrazione di O₃ di 10 µg/m³ (valore medio di 8 ore) è risultato associato a un incremento del numero di morti giornaliere dello 0,31% considerando tutte le cause, dello 0,46% per cause cardiovascolari e dell'1,13% per cause respiratorie.

Anche in Italia, lo studio MISA ha riportato un'associazione tra mortalità per tutte le cause e O₃.

Nello studio APHEA 2, un incremento di 10 µg/m³ nella concentrazione giornaliera di NO₂ è associato a un incremento dello 0,30% nella mortalità generale, dello 0,40% nella mortalità cardiovascolare e dello 0,38% nella mortalità respiratoria.

Lo studio Inquinamento atmosferico e mortalità Progetto EpiAir ha stimato l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità nella popolazione adulta in 10 città italiane nel periodo 2001-2005. I risultati sono relativi all'associazione tra l'incremento di concentrazione delle polveri (PM₁₀) e dei gas (biossido di azoto, NO₂ e ozono, O₃) nell'atmosfera e la mortalità per cause naturali, cardiache, cerebrovascolari e respiratorie. Sono stati approfonditi alcuni temi quali la latenza temporale tra esposizione ed effetto e le caratteristiche individuali di tipo demografico e clinico che individuano i gruppi di popolazione più sensibili agli effetti del particolato (PM₁₀).

Gli effetti più gravi sono quelli che si manifestano in un aumento delle morti. Se si considerano i decessi per cause naturali in tutte le città, il solo PM₁₀ causa un aumento del rischio di morte in media dello 0,69% per ogni incremento di concentrazione nell'aria di 10 µg/m³. Tra i fattori di suscettibilità, lo studio ha messo in evidenza che le persone più anziane sono più vulnerabili agli effetti del particolato sospeso. Il biossido d'azoto (un marcatore dell'inquinamento da traffico), dal canto suo, è responsabile di un aumento dello 0,99% per ogni incremento di 10 µg/m³ di tutte le morti per cause naturali. Per quanto riguarda infine l'ozono, il terzo inquinante considerato nello studio, per ogni 10 µg/m³ di inquinante si riscontrano aumenti dell'1,54%, 2,29%, 1,22% e 2,78% per le morti per cause naturali, cardiache, cerebrovascolari e respiratorie, rispettivamente. Tali eccessi sono stati valutati nella stagione calda.

Le conseguenze dell'inquinamento non si esauriscono in un aumento delle morti, ma si manifestano anche con l'incremento dei ricoveri in ospedale. E infatti, gli aumenti dei livelli di PM₁₀ e NO₂ nell'atmosfera si riflettono quasi subito nell'incremento dei ricoveri per malattie cardiache, soprattutto scompenso cardiaco (+1,10% per ogni aumento di 10 µg/m³) nel caso del PM₁₀, infarto del miocardio e angina instabile (+1,23% per ogni aumento di 10 µg/m³) per il NO₂. Inoltre, tutti e tre gli inquinanti causano un picco dei ricoveri per malattie respiratorie, ma l'associazione più forte è risultata quella tra NO₂ e ricoveri per asma, con un aumento complessivo del 7,62%. Particolarmente marcato è poi l'effetto del biossido d'azoto sui ricoveri per asma, specie nei bambini: tra 2 e 5 giorni dall'aumento di concentrazione dell'inquinante si registra un incremento dei ricoveri dell'8,8%.²

È stato analizzato, nel quadro del progetto National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study (NMMAPS), un database contenente informazioni sulle ospedalizzazioni per malattie cardiache e respiratorie in 204 città americane (ciascuna con oltre 200.000 abitanti). I risultati hanno mostrato un'associazione fra l'incremento di 10 µg/m³ di PM_{2,5} e l'incremento dei tassi di ospedalizzazione per BPCO (0,91%), per scompenso cardiaco (1,28%) e per malattie ischemiche del cuore (0,44%)⁶

I risultati sono stati confermati anche in Italia dallo studio MISA che ha riportato un incremento di ospedalizzazione per malattie respiratorie dovuto all'esposizione ad inquinamento atmosferico.

2. Effetti a lungo termine

L'approccio di studio più appropriato per valutare gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico è rappresentato dagli studi di coorte. Tali studi consistono nel selezionare campioni di grandi dimensioni di soggetti residenti in differenti contesti geografici, nel registrare a livello individuale alcuni fattori di rischio quali il fumo e l'esposizione lavorativa, e nel seguire nel tempo questi soggetti misurando la mortalità o la morbosità in rapporto con l'esposizione ambientale. Le indagini epidemiologiche condotte finora hanno mostrato che l'esposizione cronica a inquinamento atmosferico può determinare lo sviluppo di malattie cardiorespiratorie e incrementare il tasso di mortalità della popolazione generale.

Molti studi riportano un incremento della mortalità correlata all'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico.²

Gli effetti a lungo termine comportano non solo un aumento della mortalità ma anche di patologie a carico soprattutto degli apparati respiratorio e cardiovascolare.³

² Un follow-up di 16 anni, condotto in aree metropolitane americane su 500.000 persone, ha mostrato che per ogni incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$ si ha un incremento medio tra i due periodi di osservazione (1979-1983, 1999-2000) di circa il 6%, 9%, e 14% del rischio di morire per tutte le cause, per malattie cardiopolmonari e per tumore al polmone, rispettivamente. ⁷ Sulla base di questo studio **il rischio relativo di 1,06 di incremento di morte per tutte le cause** è stato scelto dall'OMS come valore di riferimento per la valutazione degli effetti a lungo termine sulla mortalità generale dovuti al $\text{PM}_{2.5}$.

I dati dello studio di coorte Cancer Prevention Study II dell'American Cancer Society hanno evidenziato un incremento del 4% nella mortalità per cause respiratorie in associazione a un aumento di 10 ppb nella concentrazione di O_3 .⁸

Gehring e colleghi hanno valutato l'associazione fra l'esposizione a lungo termine all'inquinamento originato dal traffico veicolare e la mortalità per cause cardiopolmonari, in un campione di donne tedesche di 50-59 anni: quelle viventi a meno di 50 metri dalle strade trafficate avevano un eccesso di rischio del 70% di morire per cause cardiopolmonari rispetto alle donne residenti lontano dalle strade.⁹

Lo studio sulle 13 città italiane conclude che l'inquinamento atmosferico ha un largo impatto sulla salute nelle città italiane. Nel periodo compreso tra il 2002 ed il 2004, in media 8220 morti all'anno (corrispondenti al 9% della mortalità per tutte le cause di morte -escluso gli incidenti- nella popolazione al di sopra dei 30 anni), sono risultati attribuibili a concentrazioni di PM_{10} superiori a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tenendo in considerazione anche gli effetti a lungo termine.¹⁰

³ Una conferma dell'associazione fra esposizione a inquinamento di origine veicolare e decremento della funzionalità respiratoria proviene dallo studio americano di Kan e colleghi, i cui risultati mostrano una funzionalità respiratoria significativamente più bassa nelle donne residenti a meno di 150 metri dalle strade principali rispetto alle donne residenti a una maggiore distanza dalle strade; tale associazione non è invece emersa nei maschi.¹¹

Viegi e colleghi, confrontando due campioni di popolazione generale italiana residenti in aree a differente livello d'inquinamento (area rurale del Delta Padano meno inquinata e area urbana di Pisa più inquinata) hanno riportato una più elevata prevalenza di sintomi (dispnea, sibili, difficoltà di respiro) e malattie respiratorie (asma e bronchite cronica) nei soggetti residenti in zona urbana. Nei soggetti residenti in area urbana è emerso anche un maggior rischio di iperreattività bronchiale rispetto ai soggetti residenti in area rurale.¹²

Anche uno studio trasversale svolto in Scozia ha confermato questi ultimi risultati; dallo studio è emerso che vivere in un'area rurale, rispetto all'area urbana, è associato a una minore frequenza di asma, tosse cronica, espettorato cronico, mancanza di respiro, sibili, attacchi di difficoltà di respiro con sibili e disturbi cardiovascolari.¹³

Vineis et al, nell'ambito dello studio European Prospective Investigation on Cancer and Nutrition – EPIC hanno osservato un'associazione tra esposizione a NO_2 (concentrazione superiore a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e cancro al polmone.¹⁴

INQUINAMENTO ATMOSFERICO FATTORE DI RISCHIO PER LE MALATTIE CARDIOVASCOLARI

Studi recenti individuano nell'esposizione all'inquinamento atmosferico un fattore di rischio emergente per le malattie cardiovascolari: infatti le evidenze presenti in letteratura suggeriscono un'associazione tra esposizione all'inquinamento atmosferico e l'insorgenza di malattie cardiovascolari, con particolare riguardo alla cardiopatia ischemica⁴.

EFFETTI SU MALATI E ANZIANI

È opinione comune che gli anziani e i soggetti malati rappresentino gruppi di popolazione ad alta vulnerabilità agli effetti dell'inquinamento atmosferico. In particolare per le persone con condizioni di salute più compromesse, come i malati di patologie cardiache e respiratorie, l'esposizione ad inquinanti atmosferici peggiora la prognosi e aumenta la probabilità di morte. Per quanto riguarda il particolato atmosferico, è stato chiarito che rischi più elevati sono soprattutto a carico di soggetti con insufficienza respiratoria (BPCO) e con pregresse patologie cardiovascolari.⁶

EFFETTI SUI BAMBINI

Un'altra categoria a maggior rischio per gli effetti dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dai bambini. L'Organizzazione Mondiale della sanità (OMS) riporta che la vulnerabilità infantile all'inquinamento atmosferico è associata al fatto che, a differenza degli adulti, i bambini presentano processi attivi di accrescimento polmonare e di sviluppo, incompletezza dei sistemi metabolici, immaturità del sistema immunitario e alto tasso di infezioni da patogeni respiratori. Questi fattori possono verosimilmente portare, a parità dei livelli ambientali sperimentati dagli adulti, ad una più elevata suscettibilità dei bambini agli inquinanti atmosferici⁵.

4 Con sempre maggiore evidenza dalla letteratura scientifica emerge un'associazione tra l'esposizione all'inquinamento atmosferico ed insorgenza di malattie dell'apparato cardiocircolatorio, tanto che l'American Heart Association identifica tale esposizione come un significativo fattore emergente di rischio cardiovascolare¹⁵

È stato evidenziato un aumento del 15-30% del rischio di morte precoce in persone affette da insufficienza cardiaca soprattutto nella fascia di 100 metri attorno alle strade locali: detto incremento sembra correlato con le emissioni primarie dei motori diesel più che a quelle secondarie¹⁶

In soggetti con pregresso infarto miocardico acuto l'incidenza di nuovi ricoveri ospedalieri per patologie cardiovascolari (re-infarto, angina, aritmie o scompenso cardiaco) era associata in maniera statisticamente significativa con i livelli atmosferici giornalieri di inquinanti¹⁷

Tra il 1995 e il 2005 sono stati esaminati 665 pazienti con Trombosi Venosa Profonda (TVP) degli arti inferiori e 859 soggetti come controllo provenienti da città con più di 15 mila abitanti della regione Lombardia, valutando la distanza del luogo di residenza dalle strade a maggiore traffico. Il risultato emerso è stato che il rischio di TVP risulta aumentato nei soggetti che vivono vicino a una strada ad alta intensità di traffico rispetto agli individui residenti più lontano¹⁸

Viceversa i decrementi dei livelli di inquinamento atmosferico si traducono in miglioramenti delle condizioni di salute: una riduzione delle concentrazioni di PM_{2,5} è associata ad un ridotto rischio di mortalità (totale, cardiovascolare, da cancro del polmone), un aumento dell'aspettativa di vita e una migliore prognosi a lungo termine dei soggetti affetti da insufficienza cardiaca.¹⁹⁻²⁰

Dai dati scientifici disponibili sembra emergere quindi un ruolo dell'inquinamento atmosferico nei confronti della morbilità cardiovascolare anche se sussistono ancora delle limitazioni legate sia alla tipologia degli studi condotti (es. difficoltà nel quantificare esattamente l'esposizione) sia ai meccanismi biologici di azione delle particelle (dimensioni, composizione, massa) che richiedono ulteriori approfondimenti.

5 Una rassegna sulle conseguenze dell'inquinamento atmosferico nei bambini valuta che vi è sufficiente evidenza di una relazione causale tra esposizione a polveri sospese e mortalità infantile nel periodo post-natale. Analogo giudizio di associazione causale viene espresso per la relazione tra polveri sospese e ozono ed esacerbazione dell'asma, e per la relazione tra livelli di particolato e incrementi nella prevalenza/incidenza di tosse e bronchiti nei bambini.²¹

Numerosi studi hanno suggerito che l'esposizione a PM₁₀ è in grado di provocare un aggravamento della malattia asmatica nei bambini. Una recente meta-analisi ha indicato che l'esposizione a PM₁₀ è associata in maniera significativa al ricovero in ospedale o al ricorso al pronto soccorso per asma in età pediatrica (+1,7%) e alla comparsa, in bambini asmatici, di sibili (+6,3%), tosse (+2,6%), ricorso ai farmaci per l'asma (+3,3%) e a decremento della funzionalità polmonare (-0,27 l/min).²²

3 Effetti sullo sviluppo polmonare

È stato ormai sufficientemente dimostrato che i bambini che abitano in prossimità di strade trafficate possono presentare sostanziali carenze di sviluppo dell'apparato respiratorio che si traducono in deficit della funzione polmonare (riduzione del FEV1, MMEF e FVC) misurati al termine dello sviluppo. Questi danni sono aggiuntivi rispetto a quelli dovuti all'inquinamento diffuso e sono significativi in un raggio di 500 metri dalle sedi stradali. I danni sono probabilmente dovuti all'infiammazione anche se non sono ancora state chiarite le modalità d'azione dei singoli inquinanti.

Viene confermato ancora una volta che non è sufficiente prendere in considerazione solo l'inquinamento di area ma che devono essere individuate anche le situazioni che comportano esposizioni locali specifiche. La costruzione di case, scuole e asili nido in prossimità di sorgenti inquinanti comporta rischi aggiuntivi rilevanti per la salute pubblica: deve essere compresa perciò la necessità di adottare misure appropriate in quanto la compromissione polmonare conseguente ad un insufficiente sviluppo può comportare nell'età adulta un eccesso di malattie⁶.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I dati di cui già disponiamo sugli effetti sanitari generali dell'inquinamento atmosferico forniscono importanti indicazioni in merito alla necessità di adottare interventi sanitari appropriati per la riduzione dell'esposizione della popolazione.

Per quanto riguarda la situazione generale il Dipartimento di Prevenzione dell'ULSS 20 ha individuato dal 2007 una serie di otto proposte, di seguito elencate, per la città di Verona che possono contribuire ad un progetto organico di miglioramento dell'aria della città e quindi ad una riduzione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici:

1. **risparmio energetico** favorendo l'adozione di nuovi standard edilizi finalizzati al contenimento energetico e quindi alla riduzione del consumo di combustibili fossili in città
2. sfruttamento di **fonti geotermiche** : la nostra ULSS si sviluppa in un'area che diverse ricerche condotte in passato hanno dimostrato essere interessante sotto questo punto di vista
3. **metanizzazione degli automezzi**
4. allontanamento dal centro di alcuni **grandi attrattori di traffico** quali scuole superiori, fiera,...
5. realizzazione di un grande **parco urbano** alberato, inserito nell'ambito del parco merci ferroviario retrostante la stazione di Porta Nuova, che contribuisca a mitigare l'isola di calore della città e che costituisca un collegamento per percorsi pedonali e ciclabili dalla periferia alla città
6. proposta di sperimentazione in un **quartiere periferico** di riorganizzazione della mobilità per favorire l'individuazione di punti di aggregazione e lo sviluppo di una mobilità alternativa agli automezzi, da realizzare assieme alla popolazione interessata
7. **uso delle biciclette** come mezzo di locomozione in città, non come mezzo di svago ma come trasporto preferenziale.
8. attivazione di un capace **sistema di trasporto pubblico di massa** che deve costituire lo scheletro portante attorno al quale sviluppare gli altri interventi descritti.

⁶ Nei bambini è emersa un'importante associazione fra l'inquinamento di origine veicolare e danni allo sviluppo polmonare. In uno studio su un campione di circa 3.000 bambini residenti in California con un follow-up di 8 anni, è stato riportato che i bambini che risiedono entro 500 metri dalle autostrade hanno una maturazione della funzionalità polmonare inferiore rispetto ai bambini residenti a distanze maggiori di 1.500 metri.²⁵ Un'analisi dell'Oms (basata su dati relativi agli ultimi anni Novanta) indica che, in tutta la Regione circa 700 decessi all'anno dovuti a infezioni respiratorie acute, in bambini di età compresa tra 0 e 4 anni, possono essere attribuite proprio all'esposizione a PM10. La valutazione dell'impatto del particolato atmosferico sulla morbilità è più difficile e meno precisa ma un'analisi preliminare indica che una riduzione dell'esposizione a PM10 a 20 µg/m³ potrebbe essere associata a una diminuzione del 7% dell'incidenza di tosse e lievi sintomi respiratori e del 2% dei ricoveri ospedalieri per problemi respiratori in bambini di età inferiore ai 15 anni. ²⁶

PROPOSTE

Si ritiene necessario perseguire dal punto di vista sanitario due obiettivi conoscitivi importanti per guidare le azioni future:

- 1) conoscere il livello medio di esposizione della popolazione generale dell'area;
- 2) individuare le aree più critiche dal punto di vista dell'inquinamento (ove ci siano fonti emissive particolari o le condizioni locali sono particolarmente favorevoli al ristagno e all'accumulo degli inquinanti), tenendo presente che queste componenti hot spot sono maggiormente sensibili a interventi di limitazione delle emissioni.

Benché il primo dato sia emerso con sufficiente forza nel corso di questi ultimi anni, tanto da rendere possibile la messa in campo del PQA, il secondo problema non sembra essere stato sufficientemente compreso nella sua rilevanza. Questo fatto ha suggerito di sondare già in questa fase l'esistenza di aree a maggior criticità nelle quali intervenire prioritariamente.

Sulla base di queste considerazioni le linee di intervento devono essere finalizzate al raggiungimento di un duplice obiettivo:

- l'adozione di piani organici di intervento per ridurre l'esposizione generalizzata della popolazione agli inquinanti atmosferici
- la riduzione dell'esposizione per la popolazione a maggior rischio.

Adozione di piani organici di intervento per ridurre l'esposizione generalizzata della popolazione agli inquinanti atmosferici

Per favorire lo sviluppo di processi virtuosi è necessario che queste problematiche siano individuate già in fase preventiva alla costruzione, modifica, potenziamento di impianti e infrastrutture attraverso apposite valutazioni di impatto sanitario.

Alcune importanti indicazioni dal punto di vista della prevenzione ambientale potrebbero essere: non costruire abitazioni a ridosso delle strade e individuare misure finalizzate alla riduzione del carico inquinante nelle strade urbane. Strutture sociali "sensibili" come sono, ad esempio gli asili, devono avere fasce di rispetto tali da garantire la salute degli utenti. Questo aspetto è essenzialmente programmatico data la difficoltà di reperire singole aree con caratteristiche di buona qualità in cui collocare dette strutture.

Particolare attenzione riveste il sistema dei trasporti, soprattutto quello dei trasporti urbani, che è in grado di influenzare sensibilmente le condizioni di salute della popolazione attraverso molti fattori di rischio di tipo diretto (inquinamento atmosferico, incidenti stradali, rumore) e indiretto (fruizione del territorio, possibilità di avere uno stile di vita attivo nella vita quotidiana). Per questo motivo è necessaria una stretta collaborazione ed integrazione nei processi decisionali che riguardano tale sistema. Una prima occasione in cui può essere attuata questa collaborazione riguarda i processi di pianificazione o riqualificazione anche di porzioni limitate di territorio urbano. E' fondamentale che in questi casi si individuino e si favoriscano modalità di trasporto alternative ai veicoli privati, in particolare va incentivata la ciclo-pedonalità. Questa scelta comporta anche altri valori aggiunti che influiscono positivamente sulla qualità della vita quali la riduzione dell'inquinamento acustico da traffico soprattutto nei centri urbani, la diminuzione dell'incidentalità da traffico e la riduzione della sedentarietà, riconosciuta quale importante fattore di rischio sanitario per le malattie cronico degenerative.

Riduzione dell'esposizione per la popolazione a maggior rischio

In ordine alla necessità di identificare le microaree più critiche risulta che l'indicatore più idoneo sia l'NO₂. Il PM₁₀ infatti si disperde nell'ambiente e lo si può rinvenire anche ad ampie distanze rispetto alle sorgenti di produzione. L' NO₂ raggiunge alte concentrazioni in prossimità della fonte di emissione, concentrazioni che tendono a decrescere abbastanza rapidamente con l'allontanamento dalla stessa, come accade in prossimità delle strade. Il caso studio della SS11 a Vago di Lavagno ha evidenziato che "le mappe di concentrazione ottenute mostrano una situazione piuttosto critica, specialmente per quanto riguarda gli ossidi di azoto e il PM₁₀, (anche senza prendere in considerazione il contributo di altre importanti sorgenti quali l'autostrada A4 a poche centinaia di metri, il riscaldamento domestico e il contributo dell'industria). Infatti, se è vero che le concentrazioni tendono a diminuire allontanandosi dall'asse stradale, esistono però molte abitazioni affacciate direttamente sulla strada che sono sottoposte a concentrazioni molto elevate". A fronte di questi dati che indicano concentrazioni anche superiori a 200 µg/m³ di NO₂ risulta urgente verificare l'esposizione delle persone che vivono nelle case affacciate sulla strada stessa.

Gli studi scientifici sempre di più identificano nell'NO₂ un indicatore sanitario significativo per valutare l'esposizione all'inquinamento atmosferico. Come già riportato sopra, si ricorda che, un incremento di 10 µg/m³ nella concentrazione giornaliera di NO₂ è associato a un incremento dello 0,30% nella mortalità generale, dello 0,40% nella mortalità cardiovascolare e dello 0,38% nella mortalità respiratoria (4) e che particolarmente marcato è l'effetto del biossido d'azoto sui ricoveri per asma, specie nei bambini: tra 2 e 5 giorni dall'aumento di concentrazione dell'inquinante si registra un incremento dei ricoveri dell'8,8% (2).

Per quel che riguarda la stima delle persone esposte, in aggiunta a quanto già detto, è fondamentale capire quali siano le modalità di dispersione dell'inquinante al fine di programmare misure di mitigazione e compensazione.

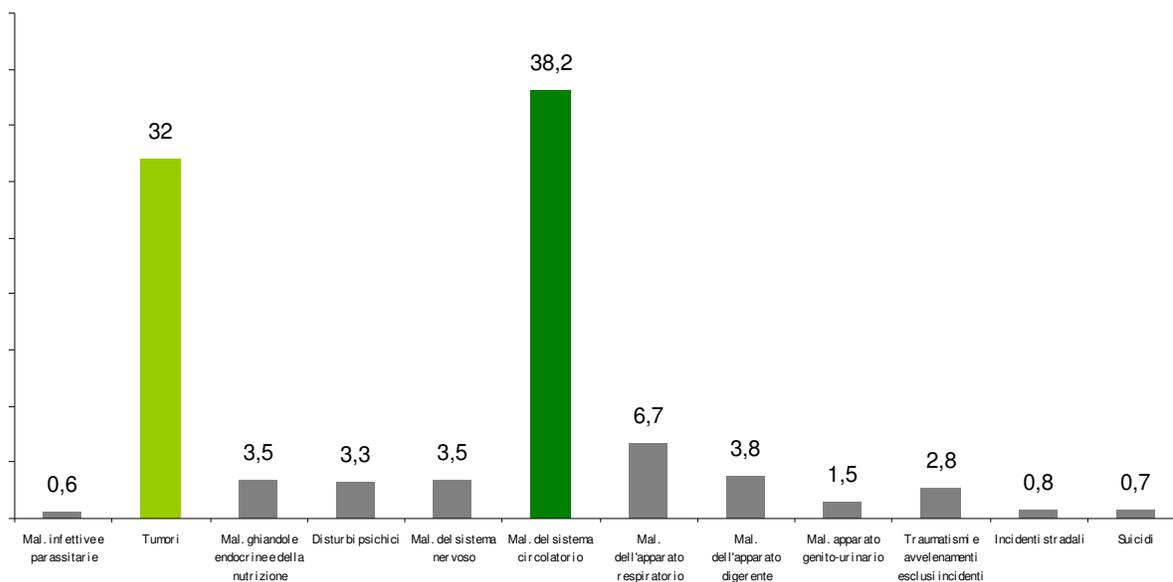
Relativamente all'altro caso studio, inerente un insediamento industriale collocato in ambito residenziale, si ritiene che le stime effettuate rappresentino un campanello d'allarme e richiedano approfondimenti circa le reali concentrazioni in loco delle sostanze indagate. È necessario quindi ed urgente approfondire quali e quante sostanze siano effettivamente emesse e come incidano sulla qualità dell'aria cui è esposta la popolazione.

Quanto sopra conferma, tra l'altro, che nel caso di industrie site vicino ad abitazioni non sempre il rispetto dei limiti ambientali delle emissioni è sufficiente per garantire anche la salvaguardia della salute. L'impatto di una attività industriale dovrebbe comportare la valutazione delle emissioni complessive e non di ogni singolo camino; nelle situazioni in cui emergano delle criticità dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico si dovrebbe altresì evitare di inserire ulteriori sorgenti di emissioni.

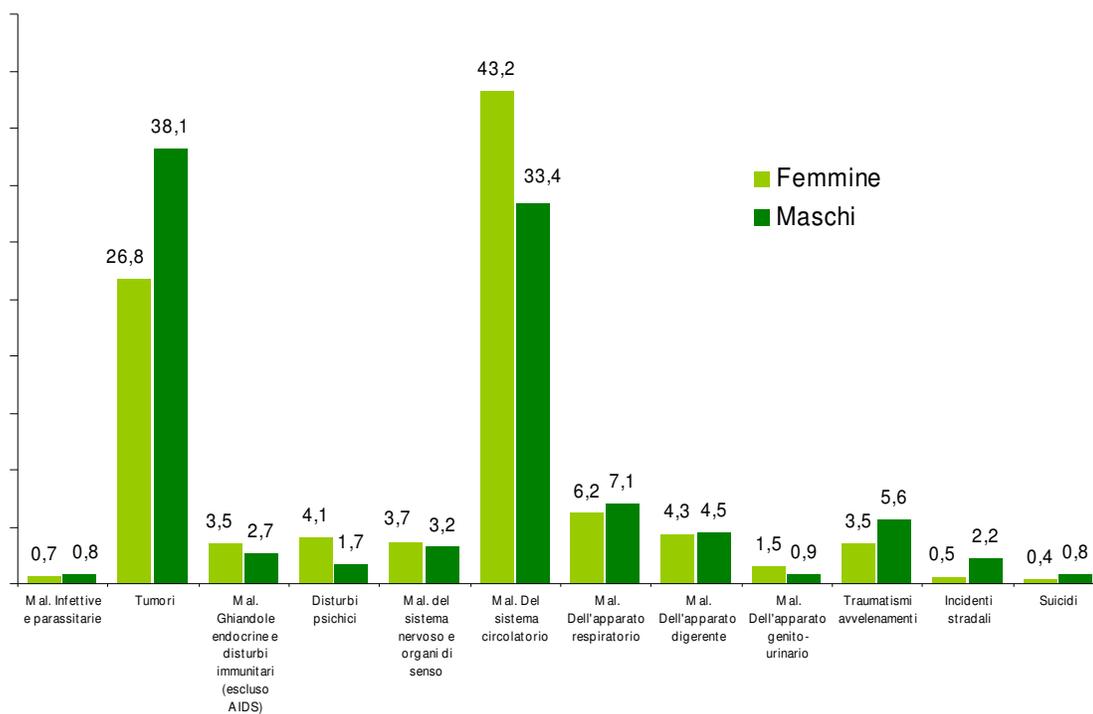
I risultati degli studi evidenziano la necessità di proseguire nell'individuazione di ulteriori situazioni in cui siano ipotizzabili concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di protezione per la salute e la necessità di comunicare (tramite incontri pubblici o in altre forme) i possibili rischi sanitari coinvolgendo la popolazione nelle decisioni circa l'uso del territorio e nell'adozione di comportamenti virtuosi.

Si riporta infine il grafico con la frequenza delle principali cause di morte dell'ULSS 20 da cui risulta che nelle prime tre cause di morte (malattie dell'apparato respiratorio, circolatorio e tumori) risultano comprese anche quelle attribuibili all'esposizione all'inquinamento atmosferico. Sono inoltre in corso di acquisizione ulteriori dati sanitari quali le Schede di dimissione ospedaliera (SDO) la cui elaborazione potrà fornire informazioni aggiuntive sullo stato di salute della popolazione.

Mortalità totale per gruppi di cause. Frequenza relativa ULSS 20 Anno 2007



Mortalità totale per gruppi di cause. Provincia di Verona – Anno 2006



Bibliografia

1. Comunicato stampa dell'OMS europeo EURO/08/05 Berlino, Copenhagen, Roma, 22 giugno 2005
2. Berti G, Galassi C, Faustini A, Forastiere F; Gruppo coll EpiAir (a cura di). Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione. Studio degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico in 10 città italiane nel periodo 2001-2005 *Epidemiologia & Prevenzione* 2009; 33(6) Suppl 1: 1-144.
3. Ostro B, Feng WY, Broadwin R, Green S, Lipsett M. The Effects of Components of Fine Particulate Air Pollution on Mortality in California: Results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2007; 114: 13-19
4. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001; 12(5): 521-531
5. Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002 di A. Biggeri, P. Bellini e B. Terracini *EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE* Anno 28 (4-5) luglio-ottobre 2004
6. Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, Samet JM. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295: 1127-1134
7. Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-1141
8. Jerrett M, Burnett RT, Pope CA 3rd, Ito K, Thurston G, Krewski D, Shi Y, Calle E, Thun M. Long-term ozone exposure and mortality. *N Engl J Med* 2009; 360(11): 1085-1095
9. Gehring U, Heinrich J, Krämer U, Grote V, Hochadel M, Sugiri D, Kraft M, Rauchfuss K, Eberwein HG, Wichmann HE. Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology* 2006; 17: 545-551
10. Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M. Health impact of PM10 and ozone in 13 Italian cities. 2006. World Health Organization Regional Office for Europe)
11. Kan H, Heiss G, Rose KM, Whitsel E, Lurmann F, London SJ. Traffic exposure and lung function in adults: the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Thorax* 2007; 62, 873-879.
12. Viegi G, Pedreschi M, Baldacci S, Chiaffari L, Pistelli F, Modena P, Vellutini M, Di Pede F, Carrozzi L. Prevalence rates of respiratory symptoms and diseases in general population samples of North and Central Italy. *Int J Tuberc Lung Dis* 1999; 3: 1034-1042
13. Iversen L, Hannaford PC, Price DB, Godden DJ. Is Living in a Rural Area Good for Your Respiratory Health? Results From a Cross-sectional Study in Scotland. *Chest* 2005; 128: 2059-2067.
14. Vineis P et al. Air pollution and risk of lung cancer in a prospective study in Europe. *Int J Cancer* 2006; 119(1): 169-174.
15. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American heart association Robert D. Brook et al. *Circulation* 2004; 109:2655-2671)
16. Mercedes MR, Goldberg R, Melly S, et al. Residential exposure to traffic-related air pollution and survival after heart failure. *Environ Health Perspect* 2008; 116 (4): 481-5
17. Von Klot S, Peters A, Aalto P, et al. for the Health Effects of Particles on Susceptible Subpopulations (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: 3073-9)
18. Living near major traffic roads and risk of deep vein thrombosis Baccarelli A, Martinelli I, Pegoraro V, et al. *Circulation* 2009; 119: 3118-3124
19. Laden F, Schwartz J, Speizer FE, Dockery DW. Reduction in fine particulate air pollution and mortality. Extended follow up of the Harvard six cities Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 667-72.
20. Pope Ca 3rd, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 2009; 360: 376-88
21. WHO European Centre for Environment and Health. Effects of air pollution on children's health and development - a review of the evidence. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2005 (<http://www.euro.who.int/document/E86575.pdf>, accessed 6 March 2007
22. Romeo E, De Sario M, Forastiere F, Compagnucci P, Stafoggia M, Bergamaschi A, Perucci CA. PM 10 exposure and asthma exacerbations in pediatric age: a meta-analysis of panel and time-series studies. *Epidemiol Prev* 2006; 30(4-5): 245-254
23. Annesi-Maesano I, Moreau D, Caillaud D, Lavaud F, Le Moullec Y, Taytard A, Pauli G, Charpin D. Residential proximity fine particles related to allergic sensitisation and asthma in primary school children. *Respir Med* 2007; 101: 1721-1729
24. Ciccone G, Forastiere F, Agabiti N, Biggeri A, Bisanti L, Chellini E, Corbo G, Dell'Orco V, Dalmaso P, Volante TF, Galassi C, Piffer S, Renzoni E, Rusconi F, Sestini P, Viegi G. Road traffic and adverse respiratory effects in children. SIDRIA Collaborative Group. *Occup Environ Med* 1998; 55: 771-778
25. Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, Lurmann F, Avol E, Künzli N, Jerrett M, Peters J. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet* 2007; 369: 571-577.
26. Ernesto Vocaturo (red.), Eva Kunseler (red.), Gabriela Slovakova (red.), Juri Ruut (red.), Olga Cavoura (red.), Peter Otorepec (red.). 3.3 V1.0 Exposure of children to air pollution (particulate matter) in outdoor air. In: ENHIS, World Health Organisation, Menu. Bilthoven: RIVM, Home Environment and health issues\ Air quality, 22 October 2008.
27. Effects of air pollution on children's health and development A review of the evidence WHO Europe 2005.