

4.2. L'inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico derivante dal traffico veicolare, impianti di riscaldamento e sistemi di produzione industriale, è un noto fattore di rischio per la salute (vedi *tabella 1, pag. 99 e 100* - tratta dal Prof. Antonio Ballarin Denti "Aggiornamenti Sociali" n 3, 2002, pag 209-220).

Secondo una serie di studi e valutazioni condotte dalle agenzie ambientali europee e nazionale, il trasporto su strada contribuisce mediamente in Europa al 51% delle emissioni degli ossidi di azoto, al 34% di quelle composti organici volatili e al 65% di quelle del monossido di carbonio.

I due principali inquinanti secondari, le polveri fini e l'ozono, che sono prodotti, attraverso una serie complessa di reazioni chimiche, dai tre inquinanti prima citati, sono pertanto imputabili, anch'essi in misura preponderante, al traffico su strada.

Le emissioni prodotte dagli autoveicoli (al di là del loro contributo complessivo) sono inoltre fortemente dipendenti dal tipo di motore. A parità di condizioni di manutenzione, un motore diesel tradizionale (come quello di gran parte dei vicoli commerciali) può emettere una quantità di polveri fini anche dieci volte superiore a quelle emesse da un diesel "ecologico"; e questo è a sua volta molto più inquinante di un motore a benzina. Un veicolo non catalizzato emette fino a dieci volte più di un'auto con marmitta catalitica. Un motore a due tempi (come quello dei ciclomotori) emette molto più un analogo motore a quattro tempi: pertanto un motorino medio può inquinare più di un'auto di grossa cilindrata di recente omologazione. Anche tra le automobili catalizzate ci sono forti differenze (a prescindere da quelle determinate da una cattiva carburazione del motore) dovute alle diverse classi di omologazione dei motori in funzione delle loro emissioni che l'Unione Europea sta imponendo da qualche anno alle industrie automobilistiche. Ad esempio un veicolo classificato EURO 3 (del tipo cioè oggi in commercio) emette fino a quattro volte di meno di un veicolo, pur catalizzato, del tipo EURO 1 (cioè prodotto e venduto più di sei anni fa).

Asserire quindi che globalmente il comparto del trasporto su strada contribuisce in misura maggioritaria all'inquinamento è affermazione vera, ma, come tale, troppo generica per farne scaturire adeguate politiche di intervento, a meno che si entri nel merito delle singole tipologie di motore e sulle loro condizioni di esercizio.

Il peso del traffico non deve comunque far dimenticare che un contributo all'inquinamento atmosferico urbano, minore in valore percentuale ma pur sempre alto in valore assoluto, deriva dagli impianti di riscaldamento; questo comparto, ora che l'industria pesante ha praticamente abbandonato l'ambiente urbano, resta, insieme al traffico, di fatto l'unica sorgente di inquinamento. In questo settore il diffondersi degli oli combustibili leggeri e soprattutto del metano (che, a parte gli ossidi di azoto, non emette praticamente altri inquinanti) e il rafforzamento delle politiche di controllo sugli impianti in esercizio da parte delle Autorità istituzionali (Province e Comuni) hanno portato a marcati miglioramenti, anche se molto ancora potrebbe e dovrebbe essere fatto (è oggi realisticamente immaginabile, grazie ad una ulteriore estensione dell'impiego del metano e a politiche di

obblighi di manutenzione, un dimezzamento delle emissioni da impianti di riscaldamento entro un periodo di 3-5 anni).

Il particolato atmosferico, indicato con il termine di particolato totale sospeso (PTS), è un inquinante la cui origine è molto diversificata derivando dall'erosione del suolo e degli edifici, dall'attività umana (agricoltura, edilizia, industrie), dai processi di combustione (impianti di riscaldamento e traffico autoveicolare) e da reazioni chimiche di processi gassosi. Nelle aree urbane l'aerosol atmosferico è costituito dal 30% circa di particelle naturali e dal 60% di particelle derivanti dalla combustione delle quali più del 50% attribuibili al traffico. La composizione del particolato è estremamente variabile in base all'origine delle particelle (piombo, nichel, zinco, rame, cadmio, fibre di amianto, solfati, nitrati, idrocarburi policiclici pesanti, polvere di carbone e cemento). La frazione di polveri considerata più pericolosa per l'uomo è quella in grado di superare le barriere delle vie aeree superiori ovvero i PM10 e i PM2,5, particelle di polvere con diametro inferiore a 10 e a 2,5 micron rispettivamente. E' stato dimostrato da vari studi che il particolato PM10 origina soprattutto dalla combustione, permane nell'aria qualche giorno e la sua concentrazione viene abbattuta solo per dilavamento da parte della pioggia. Questo inquinante reagisce chimicamente nell'atmosfera con altre sostanze.

I danni addebitabili alle particelle inalate sono dovuti al fatto che tali particelle, raggiungendo gli alveoli polmonari, rilasciano sostanze tossiche e possono ostruire gli alveoli stessi. Ne consegue un effetto irritante per le vie respiratorie e la possibilità di indurre alterazioni nel sistema immunitario, favorendo il manifestarsi di malattie croniche, quali maggior sensibilità agli agenti allergizzanti. L'effetto irritante è strettamente dipendente dalla composizione chimica del particolato. E' anche ormai accertato il diretto rapporto tra elevata concentrazione di particolato e tasso di mortalità per complicanze polmonari che si verificano nei giorni successivi ad elevate concentrazioni: sono soprattutto gli anziani, i bambini e le persone con malattie croniche dell'apparato respiratorio ad essere maggiormente colpite. Inoltre, alcuni studi epidemiologici hanno dimostrato che elevate concentrazioni di PM10 non solo determinano anticipi sulla mortalità (ovvero decessi in soggetti compromessi che sarebbero comunque avvenuti a breve) ma causano in soggetti sani patologie polmonari che possono cronicizzare e portare a morte i soggetti stessi. L'aumento della morbilità inoltre porta ad un incremento della spesa sanitaria (maggiore numero di visite mediche, di ricoveri ospedalieri, di assenze dal lavoro per malattia).

Recenti studi epidemiologici indicano che l'inquinamento atmosferico nell'ambiente esterno delle 8 maggiori città italiane ha un impatto sanitario rilevante in termini di mortalità, ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari e respiratorie e prevalenza di malattie respiratorie (WHO-ECEH, 2000). I dati raccolti su numerosi inquinanti (monossido di carbonio, biossido di azoto, biossido di zolfo, ozono, benzene e polveri sospese) sono stati impiegati per misurare il trend dell'inquinamento negli anni, mentre per la stima dell'impatto sulla salute l'OMS si è avvalsa delle concentrazioni di PM10. Le concentrazioni medie di PM10 misurate nelle città oggetto di studio sono superiori all'attuale obiettivo di qualità dell'aria,

che è pari a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore attualmente in corso di revisione in diminuzione. Lo studio ha preso in considerazione la mortalità a lungo termine ed altri effetti a medio e breve termine osservati nel corso di un anno (come i ricoveri ospedalieri, i casi di bronchite acuta e gli attacchi d'asma nei bambini) ed è stato stimato il carico di malattia potenzialmente prevenibile qualora si riuscisse ad abbattere le concentrazioni medie di PM10 a $30\mu\text{g}/\text{m}^3$. E' stato stimato che riducendo il PM10 ad una media di $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ si potrebbero prevenire circa 3.500 morti all'anno nelle 8 città studiate. Inoltre, riducendo le concentrazioni medie di PM10 a $30\mu\text{g}/\text{m}^3$, migliaia di ricoveri per cause respiratorie e cardiovascolari, e decine di migliaia di casi di bronchite acuta e asma fra i bambini al di sotto dei quindici anni, potrebbero essere evitati. In aggiunta all'onere legato al ricovero e cura dei casi di malattia legati all'inquinamento, il numero stimato di giorni di attività compromessa a causa di disturbi respiratori (per persone di età superiore ai venti anni) è di oltre 2,7 milioni, cioè il 14,3% del totale.

Anche la qualità dell'aria negli ambienti confinati ha ripercussioni per la salute, in particolare nei bambini, negli anziani e per persone già affette da alcune patologie croniche. Molti materiali da costruzione liberano nell'ambiente il gas radon, sorgente di radiazioni ionizzanti, con una stima di possibile riduzione di 2-3% di casi di tumore polmonare a seguito di bonifica. Un'indagine campionaria nazionale ha stimato un valore medio nelle abitazioni italiane (e scuole) di 70-75 Bq/mc, più alta che negli USA (46 Bq/mc) e in Germania (50 Bq/mc). Valori di 200 e 100 Bq/mc erano raggiunti rispettivamente nel 4% e nell'1% delle abitazioni. Si stima che alle esposizioni a radon in Italia siano attribuibili 1.500-6.000 casi annui di cancro polmonare. Le evidenze di effetti cancerogeni su altri organi bersaglio sono contraddittorie e non consentono alcuna stima.

Oltre a ciò, in Italia sono stimati in:

- oltre 200.000 i casi prevalenti di asma bronchiale in bambini e adolescenti, causati da allergeni (acari, muffe, forfore animali) e da esposizione a fumo di tabacco ambientale;
- oltre 50.000 i casi incidenti di infezioni acute delle vie aeree (principalmente da fumo di tabacco ambientale);
- circa un migliaio gli infarti del miocardio da fumo di tabacco ambientale;
- oltre 200 i decessi per intossicazione acuta da CO.

Materiali da arredo e un grande numero di prodotti di consumo liberano sostanze tossiche, come i composti organici volatili, e possono essere causa di fenomeni allergici. Anche il microclima caldo-umido delle abitazioni, favorisce la crescita degli acari e dei funghi nella polvere domestica. Infine, alcuni composti chimici, anch'essi presenti negli ambienti confinati, sono noti o sospettati quali cause di irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita ad una serie di sintomi comunemente rilevati nella cosiddetta "Sindrome da Edificio Malato".

Per quanto riguarda gli aspetti essenziali di prevenzione e protezione ambientale nelle aree urbane è prioritario assicurare il rispetto delle vigenti normative in materia di livelli consentiti di inquinanti atmosferici e

adoperarsi per abbattere ulteriormente i livelli del PM10 e degli altri inquinanti. Il conseguimento di questo obiettivo richiede una serie complessa di interventi essenzialmente relativi al traffico automobilistico e agli impianti di riscaldamento.

In particolare, è importante:

- ridurre l'inquinamento atmosferico da fonti mobili, utilizzando strumenti legislativi e fiscali, migliorando le caratteristiche tecniche dei motori dei veicoli e la qualità dei carburanti;
- ridurre l'inquinamento atmosferico da fonti fisse, identificando le fonti inquinanti, migliorando i processi tecnici e cambiando i combustibili.

A causa della struttura particolare delle città italiane, questi due tipi di interventi dovrebbero prevedere restrizioni severe e regolamentazione del traffico nelle aree urbane, tenendo in considerazione tutte le tipologie di veicoli esistenti compresi i ciclomotori. Questi ultimi contribuiscono significativamente all'aumento delle concentrazioni di inquinanti pericolosi, come il benzene.

Per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria negli ambienti confinati, significativi benefici per la salute sono prevedibili dall'attuazione di programmi di riduzione all'esposizione al radon, basati prioritariamente sull'aumento del numero di edifici pubblici sottoposti a misurazioni e a bonifica.

Il recente accordo approvato dalla Conferenza Stato Regioni (27 settembre 2001, n. 252) indica le Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati, e rappresenta quindi il documento di riferimento per gli obiettivi e gli interventi in questo settore.

**Tabella 1 - Gli inquinanti dell'aria:
origini, sorgenti, effetti sulla salute e sull'ambiente.**

Benzene: da un punto di vista tossicologico è classificato come un potente cancerogeno. Viene emesso quasi integralmente dal trasporto su strada, per lo più direttamente (85%) e in parte per evaporazione durante il rifornimento di benzina o dai serbatoi delle automobili.

Biossido di zolfo: noto anche come anidride solforosa, si forma per reazione tra lo zolfo contenuto in alcuni combustibili fossili (carbone, oli minerali pesanti) e l'ossigeno atmosferico. Le fonti di emissione sono soprattutto gli impianti industriali o di riscaldamento. Il composto irrita e, ad alte concentrazioni, danneggia gli epitelii delle vie respiratorie superiori predisponendo ad episodi infettivi acuti e cronici.

Idrocarburi non metanici (composti organici volatili): nascono da processi di combustione incompleta o sono emessi da molti prodotti chimici (ad esempio solventi e vernici). I contributi principali vengono dal traffico veicolare e dalle industrie. Alcune classi di composti hanno marcati effetti cancerogeni (ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici).

Monossido di carbonio: si forma per combustione incompleta dei combustibili a base carboniosa (naturali e fossili). Deriva da sorgenti industriali, ma soprattutto dal traffico (marmitte non catalizzate). E' un potente agente tossico perché blocca la capacità di trasporto di ossigeno nel sangue. Ad alte concentrazioni provoca dapprima malessere, disorientamento e infine stato di coma e morte.

Ossidi di azoto: sono composti di azoto e ossigeno generati nei processi di combustione ad alta temperatura, per reazione dell'azoto e dell'ossigeno naturalmente presenti in atmosfera. Vengono prodotti dagli impianti di riscaldamento, dai cicli termici industriali, dalle centrali termoelettriche e, in misura oggi considerevole dagli autoveicoli. Provocano disturbi alle vie respiratorie profonde e causa maggiore predisposizione alle infezioni soprattutto nei soggetti affetti da patologie polmonari.

Ozono: si origina per processi fotochimica (dipendenti cioè dalla radiazione solare) partendo da ossidi di azoto e da composti organici volatili (idrocarburi non metanici). E' un inquinante secondario cioè non è emesso in quanto tale, ma si forma a partire da altri inquinanti (primari). Essendo un potente ossidante attacca i tessuti delle vie aeree, provoca disturbi alla respirazione, aggrava gli episodi di asma. E' particolarmente dannoso alla vegetazione, producendo cali di rese in molte colture agricole e defoliazione nelle foreste.

Particolato aerodisperso: conosciuto anche come "polveri totali sospese" (PTS); può avere origini naturali (erosione dei suoli) o antropiche (combustibili legneo-cellulosici o fossili, eccetto il gas naturale). Il particolato entra nelle vie respiratorie spingendosi tanto più verso quelle profonde quanto minore è il diametro delle particelle che lo costituiscono. Ha azione irritante nelle vie respiratorie superiori (faringe), ma nel sistema broncopolmonare può rilasciare composti tossici producendo o aggravando patologie respiratorie o svolgendo anche azione cancerogena.

Piombo: veniva impiegato come additivo delle benzine tradizionali sotto forma di composti metallo-organici (piombo tetraetile) usati come anti detonanti. Il piombo viene rintracciato nel particolato aerodisperso e proviene in prevalenza dalle vecchie benzine "rosse". E' un elemento tossico e provoca alterazioni nel sistema nervoso e patologie neurologiche.

PM10: Le cosiddette "polveri fini" sono costituite dalle particelle aerodisperse di diametro inferiore ai 10 micrometri (10 millesimi di millimetro) e pertanto classificate come PM10 (da Particulate Matter < 10 μm). Data la loro piccola massa restano più a lungo sospese in atmosfera e, a causa del loro piccolo diametro, sono in grado di penetrare nelle vie aeree profonde (bronchi e polmoni) depositandovi gli elementi e i composti chimici da cui sono costituite, quali metalli pesanti e idrocarburi. Il rischio tossicologico associato al PM10 è perciò elevato. Da un recente studio epidemiologico condotto su un campione di città statunitensi è emerso che un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione atmosferica di PM10 provoca un aumento dallo 0,5% allo 0,7% delle cause generali di morte. E' un corrispondente incremento dei decessi dovuti a patologie cardio respiratorie. Analoghi studi condotti su città europee, hanno evidenziato dati che se applicati (con tutte le incertezze e cautele del caso) a una città media

europea di un milione di abitanti che registri una concentrazione media di polveri fini di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto al valore limite indicato dalla recente direttiva europea di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tale è il caso di alcune tra le principali città italiane), implicherebbero un incremento di 500 decessi annui e un controvalore economico per le giornate lavorative perdute di almeno 20 milioni di euro per anno.