

Capitolo 3.

CHIMICA ED AMBIENTE

La produzione industriale, i carburanti bruciati da impianti industriali e da veicoli, i gas residui, l'ambiente domestico



Sommario

Introduzione

Monossido di carbonio

Ossidi di zolfo

Ossidi di azoto

Inquinanti non convenzionali

L'ambiente domestico ed i prodotti chimici

Sick Building Syndrome (SBS)

Conclusioni

Bibliografia-Sitografia

Introduzione: la produzione industriale, i carburanti bruciati da impianti industriali e da veicoli, i gas residui, l'ambiente domestico

Ebbene si, in città si vive male. Un cittadino su due oggi soffre il mal di città. Ritmi urbani sempre più incalzanti, file interminabili nel traffico, superano la capacità di sopportazione dell'uomo; le conseguenze di questo stress da metropoli si riflettono ovviamente sul benessere fisico di ognuno di noi. Non è un caso che il traffico rappresenti una delle più considerevoli sofferenze dei cittadini. Spesso gli ingorghi assumono la forma di grandi bolgie dantesche a cui è difficile sottrarsi. Come tutti oggi sanno, il traffico veicolare non è solo fonte di intasamenti e di insopportabili rumori,

ma è soprattutto la fonte principale dell'inquinamento atmosferico che tanti danni provoca sulla salute della collettività, così come dell'ambiente in cui l'uomo stesso vive.

La normativa italiana definisce l'inquinamento atmosferico come *“ogni modificazione della normale composizione chimica o dello stato fisico dell'aria, dovuta alla presenza di una o più sostanze, in quantità e con caratteristiche tali da alterare la salubrità e da costituire pericolo per la salute pubblica.”*

Gli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana sono conosciuti sin dagli anni trenta, quando nella Valle della Mosa in Belgio, nell'arco di 36 ore, furono registrate ben 6000 richieste di soccorso da parte dei 14000 residenti e poco dopo si verificarono 17 casi di morti in più rispetto al numero delle morti prevedibili in riferimento all'anno precedente; inoltre, nel 1946 a Donora (Pennsylvania) ci furono 63 decessi in più rispetto a quelli attesi, ed anche questa volta la causa fu presumibilmente un episodio di grave inquinamento dell'aria.

L'episodio più conosciuto, per la sua drammaticità, è tuttavia quello verificatosi nei giorni tra il 5 e l'8 dicembre del 1952 a Londra: un'analisi dettagliata dell'evento rivela che la mortalità per bronchite aumentò di 9,3 volte, quella generale aumentò di ben 2,6 volte, ed il numero di morti in eccesso, rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti e a seguire, fu addirittura di 4000 individui. La città di Londra fu avvolta da una spessa coltre di fumo e nebbia ("smoke and fog", ovvero fumo e nebbia, da cui nacque la parola "smog" che oggi tutti usiamo e che è stata da allora adottata anche da molte lingue diverse dall'inglese). Il fenomeno rimase stabile a lungo, per mancanza di vento e per il freddo intenso, con le gravissime conseguenze sulla salute della popolazione che abbiamo appena ricordato.

Questi episodi avvennero in seguito ad una combinazione di eventi sfavorevoli: temperatura molto bassa e conseguente aumento del consumo di combustibili, inversione termica e conseguente ristagno degli inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera con presenza tipica della nebbia (figura 1); si registrarono così concentrazioni di particolato totale sospeso (TPS) di circa 4000 microgrammi/m³ e tutti respirarono la miscela di aria e inquinanti per molti giorni.

Era quello un inverno rigido e la gente bruciava enormi quantità di carbone per riscaldarsi, causando -anche nel lungo periodo dell'intera stagione invernale- l'emissione di numerose sostanze inquinanti. A causa poi dell'inversione termica (fenomeno meteorologico per il quale la temperatura dell'aria, anziché diminuire al crescere dell'altitudine tende ad aumentare) tali sostanze si trovarono intrappolate sopra la città senza possibilità di salire e disperdersi. In quella famosa settimana di dicembre '52 i decessi per insufficienza respiratoria, bronchite acuta e polmonite ebbero un fortissimo incremento, tanto da rimanere nella storia sanitaria britannica e mondiale.

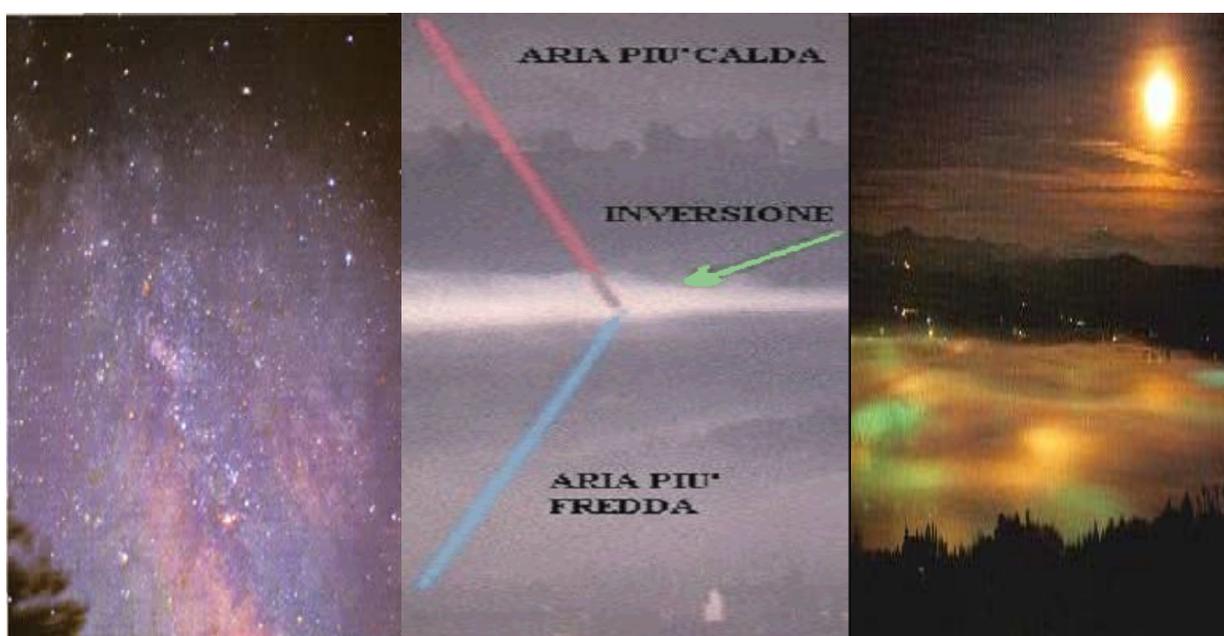


Figura 1: L'inversione termica impedisce tenacemente qualsiasi circolazione verticale nell'aria fredda e più bassa. Soprattutto nelle città, al di sotto dello strato di inversione, fumo, polvere e vapore acqueo condensato (foschia e nebbia) si accumulano e favoriscono un inquinamento atmosferico che può diventare pericoloso.

Dopo l'episodio di Londra del 1952 si sono avute parecchie repliche del fenomeno, soprattutto in climi freddi ed in zone ad alta industrializzazione (Helsinki, Colonia) o ad altissima densità abitativa con scarse regolamentazioni (Città del Messico).

Si comprese così sempre più chiaramente che temperature rigide e forti emissioni di anidride solforosa e di particelle solide provenienti dalle combustioni (riscaldamento domestico, centrali termiche industriali e traffico veicolare) fossero le principali responsabili della contaminazione dell'aria. Proprio in Inghilterra, a seguito degli eventi dell'inverno 1952, si promulgò la prima legge ambientalista della storia, il "*Clean air Act*", che regolamentava per la prima volta in tutto il pianeta l'uso dei combustibili fossili e le emissioni di gas nell'atmosfera.

In realtà oggi si conosce anche un secondo tipo di smog, quello detto fotochimico, che ha caratteristiche ben differenti dallo smog appena descritto.

Lo smog fotochimico è un particolare inquinamento dell'aria che si produce nelle giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche di stabilità e di forte insolazione.

In questo processo gli ossidi di azoto (che danno all'aria il caratteristico colore che va dal giallo-arancio al marroncino) e i composti organici volatili (VOC), emessi nell'atmosfera da molti processi naturali ed antropogenici, vanno incontro ad un complesso sistema di reazioni fotochimiche indotte dalla luce ultravioletta presente nei raggi del sole; il tutto porta alla formazione di ozono (O₃), di perossiacetil nitrato (PAN), di perossibenzoil nitrato (PBN), di aldeidi e di centinaia di altre sostanze.

Le città poste nelle aree geografiche caratterizzate da radiazione solare intensa e temperatura elevata (es. aree mediterranee) costituiscono dei candidati ideali allo sviluppo di inquinamento fotochimico intenso, specialmente nella stagione estiva, mentre le città che presentano un'elevata piovosità e una presenza massiccia di venti hanno, a parità di emissioni di inquinanti in atmosfera, un'aria più pulita.

Oltre alle condizioni meteorologiche, ciò che determina livelli alti degli inquinanti aerodispersi, sono le quantità e le tipologie delle emissioni. Per quanto riguarda le emissioni, esistono principalmente tre fonti: trasporti, impianti di combustione ed impianti industriali. Ciascuna di queste fonti influisce in modo diverso a seconda dell'inquinante che produce: i trasporti contribuiscono principalmente all'incremento del monossido di carbonio, del benzene e degli ossidi di azoto;

gli impianti di combustione (riscaldamento) contribuiscono all'incremento del biossido di zolfo e degli ossidi di azoto, mentre gli impianti industriali influiscono soprattutto sulla concentrazione degli idrocarburi incombusti, delle polveri e degli ossidi di zolfo e di azoto (Figura 2).

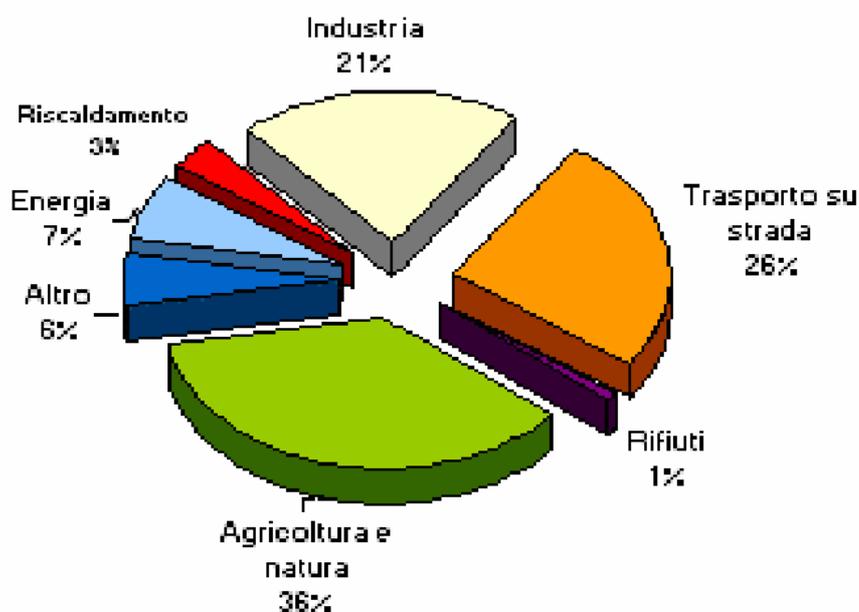


Figura 2: Il grafico mostra le principali fonti di emissione delle sostanze inquinanti

L'uso di marmitte catalitiche con benzine speciali e le limitazioni al traffico cittadino hanno contribuito fortemente a contenere queste emissioni, ma in ogni caso si è creata nel tempo una situazione sempre più preoccupante negli agglomerati urbani, sia per l'inquinamento atmosferico sia per la congestione del traffico che affligge tutte le aree geografiche molto popolate.

È necessario cambiare radicalmente l'atteggiamento culturale moderno nei confronti della mobilità; si può affermare che il sistema di mobilità attuale basato sulle auto private è pericoloso per l'ambiente e per l'uomo ed è economicamente molto costoso, con sprechi e rischi elevatissimi.

Le fonti naturali sono rappresentate (oltre a quelle citate) dai processi di ossidazione del metano nell'atmosfera, dalle emissioni da parte degli oceani, dalle attività vulcaniche, dai gas di palude. Fra le fonti antropiche vanno annoverati tutti quei processi che bruciano carbone, petrolio, cherosene,

metano, benzina. La fonte più rilevante è costituita dagli autoveicoli a benzina.

Inoltre, i contaminanti atmosferici (circa 3.000) possono anche essere classificati in **primari**, in pratica liberati nell'ambiente come tali (come ad esempio il biossido di zolfo ed il monossido di azoto) e **secondari** (come l'ozono) che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche. Inoltre, l'inquinamento causato da queste sostanze negli ambienti aperti è definito "esterno" (o "outdoor"), mentre l'inquinamento nei luoghi chiusi, come gli edifici, le abitazioni è indicato come inquinamento "interno" (o "indoor"). La qualità dell'aria negli ambienti confinati viene, infatti, spesso indicata come "**Indoor Air Quality**". Daremo in seguito una breve descrizione di ciascuna delle principali sostanze inquinanti indicate e dell'impatto che essa provoca sulla salute umana e sull'ambiente.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) che si misurano nell'aria sono direttamente correlabili ai volumi del traffico veicolare; infatti, circa il 90% del CO immesso in atmosfera è dovuto ad attività umane e deriva dal settore dei trasporti. In particolare, gli autoveicoli a benzina (solo trascurabilmente i diesel a causa del più elevato rapporto aria/combustibile) arrivano al 70% delle emissioni totali, mentre il rimanente 30% è costituito dalle emissioni di alcune industrie, degli inceneritori e degli impianti per la produzione di energia. L'emissione di CO da parte degli autoveicoli a benzina varia a seconda delle caratteristiche del motore, della temperatura (che influenza l'efficienza del motore), della velocità e della presenza o meno di marmitte catalitiche. Vi sono altre fonti **antropiche** che contribuiscono alla sua produzione: incendi boschivi, processi di incenerimento dei rifiuti, combustioni agricole. Mentre, le **fonti naturali** sono rappresentate dalle emissioni da parte degli oceani, dalle attività vulcaniche, dai gas di palude.

Il monossido di carbonio è un composto inodore ed insapore che si forma durante la combustione incompleta di composti chimici contenenti carbonio; in particolare la presenza di CO

nei gas di scarico è causata da rapporti non ottimali tra aria e combustibile, così che non si arriva all'ossidazione completa dell'atomo di carbonio, (in condizioni ideali i prodotti della combustione dovrebbero essere unicamente acqua e biossido di carbonio, ovvero CO₂). Il monossido di carbonio va considerato un inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono estremamente pericolosi. Concentrandosi infatti al suolo, perché più pesante dell'aria, il monossido di carbonio costituisce -in ambiente aperto- una reale minaccia soprattutto per gli individui affetti da anemia, ma può comunque aggravare molte malattie cardiovascolari. In ambiente chiuso, non ventilato, il CO può provocare la morte per asfissia degli esseri viventi, soprattutto se questi, sorpresi nel sonno, giacciono a livello del pavimento o poco più in alto (letti bassi), in ambienti impoveriti di ossigeno (per esempio stufe mal ventilate e mal funzionanti durante la notte).

Il CO ha un'affinità con l'emoglobina 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno e il composto che si genera (carbossiemoglobina) è molto stabile, impedendo in questo modo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie (Figura 3).

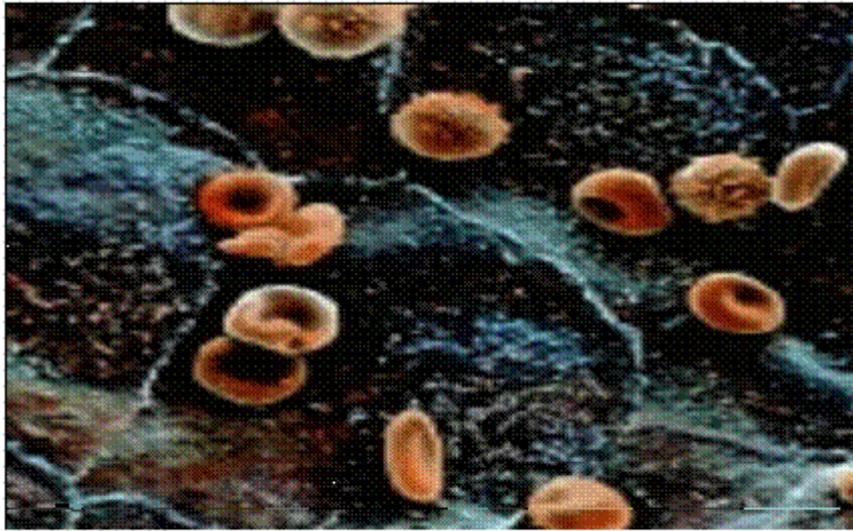


Figura 3: Immagine che mostra globuli rossi al passaggio nei vasi polmonari: a questo livello, respirando monossido di carbonio (CO) avviene il legame tra il CO stesso e l'emoglobina all'interno del globulo rosso a formare il complesso carbossiemoglobina, che impedisce il normale legame dell'ossigeno. I globuli rossi diventano incapaci di trasportare ossigeno a tutti i tessuti dell'organismo e questo fatto determina la morte per anossia (asfissia).

Concentrazioni molto elevate di CO possono anche condurre alla morte per asfissia, mentre alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità al fine di proteggere la popolazione sensibile (non fumatori, bambini, anziani, soggetti affetti da cardiopatie) ha fissato come valore da non superare il 2.5% di carbossiemoglobina (COHb) nel sangue. Nella Direttiva 2000/69/CE recepita nel nostro Paese con DM 2 aprile 2002 n. 60 sono stati determinati i tempi ed i livelli massimi di esposizione al CO che sono tollerabili. Tali livelli sono fissati a 15 minuti alla concentrazione di 100 mg/m³, a 30 minuti ad una concentrazione di 60 mg/m³ ad un'ora alla concentrazione di 30 mg/m³ e di 8 ore alla concentrazione di 10 mg/m³.

Inoltre la normativa stabilisce anche un *marginale di tolleranza* rispetto ai valori limite, che decresce gradualmente nel tempo fino ad annullarsi alla data di entrata in vigore della normativa stessa.

Gli effetti fisiopatologici di un eccesso di CO respirata variano in relazione alla percentuale di COHb che si riscontra nel sangue. Come si può vedere anche dalla tabella 1 e dalla successiva figura 4, gli effetti più frequenti sono: diminuzione della prontezza dei riflessi, dell'acuità visiva, della capacità di apprendimento, della rapidità di esecuzione di test manuali, sviluppo di alterazioni cardiovascolari e polmonari, di deficit respiratori, e sviluppo addirittura di uno stato di coma, fino alla morte. Se il soggetto è addormentato quando inizia a respirare CO, si può passare dal sonno alla morte senza neanche accorgersi di qualche disagio. Questo fenomeno purtroppo si ripete puntualmente ogni inverno (ne leggiamo sulle cronache troppo spesso), in luoghi freddi ed in abitazioni riscaldate da stufe difettose, accese durante la notte in ambienti senza ricambio d'aria.

La concentrazione di CO nelle città, a causa del traffico, è di gran lunga superiore al valore normale di un'aria non inquinata (0,1 parte per milione), raggiungendo spesso livelli che superano anche le 40 ppm nei centri urbani più grandi.

Tabella 1: correlazione tra concentrazione ematica di ossido di azoto e sintomi manifestati

% COHB nel sangue	Sintomi
<i>0-10%</i>	<i>Di solito non avvertiti, scambiati per un malessere generico.</i>
<i>10-20%</i>	<i>Mal di testa, affanno, dolore al petto.</i>
<i>20-30%</i>	<i>Emicrania pulsante, nausea, vomito, affaticamento, poca concentrazione.</i>
<i>30-40%</i>	<i>Vertigini, affaticamento, processi mentali indeboliti.</i>
<i>40-50%</i>	<i>Respiro rapido, battito cardiaco accelerato, vertigini, stato confusionale.</i>
<i>50-60%</i>	<i>Insufficienza respiratoria, collasso, convulsioni e coma.</i>
<i>60-70%</i>	<i>Insufficienza respiratoria, pressione del sangue bassa.</i>
<i>oltre 70%</i>	<i>Coma, rapidamente fatale.</i>

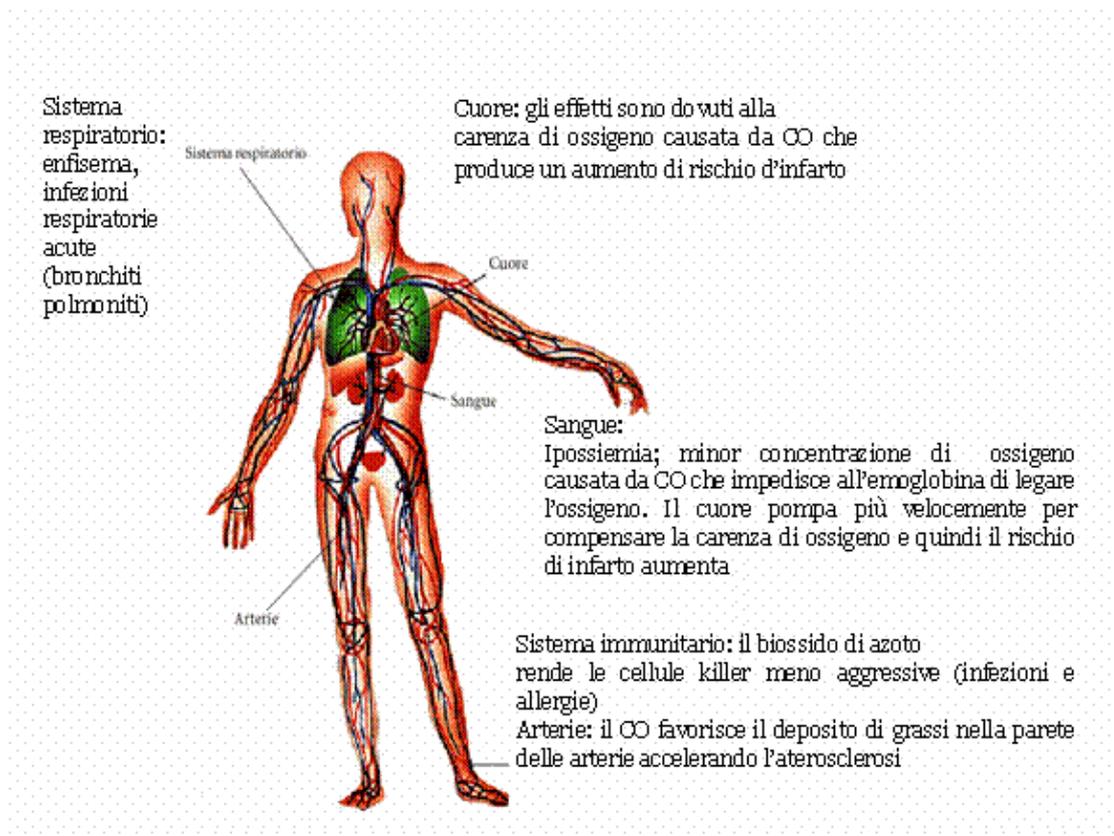


Figura 4: Effetti del monossido di carbonio (a basse dosi); ad alte dosi si ha rapidamente morte per asfissia.

OSSIDI DI ZOLFO

Una quantità significativa di ossidi di zolfo è immessa in atmosfera da fenomeni naturali (ad esempio esplosioni vulcaniche). Lo zolfo è presente anche negli oceani e si libera in atmosfera attraverso la schiuma marina; precipita poi con le piogge e viene quindi assorbito dalla vegetazione.

Nelle città la maggior sorgente di anidride solforosa è il riscaldamento domestico (perciò la sua concentrazione è molto variabile in rapporto alla stagione ed alla rigidità del clima). Circa il 70% dei quasi 130 milioni di tonnellate di SO₂ che vengono immesse annualmente nell'aria proviene da combustioni in impianti fissi, mentre appare trascurabile l'apporto dato dai mezzi di trasporto.

Sull'uomo i derivati dello zolfo provocano principalmente irritazione dell'apparato respiratorio, possibili spasmi bronchiali e, in casi estremi, bronchiti croniche ed enfisemi.

L'SO₂ reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: in vitro sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, con le proteine, con i lipidi e con le altre componenti biologiche. E' stato accertato un effetto sinergico con il particolato dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l'SO₂ nelle zone respiratorie più profonde del polmone.

A parte gli effetti sulla salute dell'uomo, l'accumulo di SO₂ provoca l'ingiallimento delle foglie delle piante, poiché interferisce con la formazione ed il funzionamento della clorofilla. In atmosfera, il biossido di zolfo permane per 1-4 giorni (siccome è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse) subendo reazioni di trasformazione e principalmente l'ossidazione ad acido solforico che ricade in forma di nebbie o piogge acide determinando gravi danni ai bacini idrici ed alla vegetazione, oltre che provocare danni anche su alcuni materiali, pietra compresa, aumentandone la velocità di corrosione (Figura 5).

Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico poiché fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono. Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra perché hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.



Figura 5: Effetti distruttivi delle piogge acide su monumenti e piante

La Direttiva 1999/30/CE, recepita nel nostro Paese con DM 2 aprile 2002 n. 60, stabilisce che il limite per la protezione della salute umana dagli ossidi di zolfo è di 350 microgrammi /m³ (media oraria) da non superare più di 24 volte l'anno, mentre il valore limite per la protezione degli ecosistemi è pari a 20 microgrammi /m³ (media anno civile): in caso di brevi esposizioni ad alte concentrazioni, nelle piante si manifesta uno scolorimento ed un rinsecchimento delle foglie con conseguente necrosi delle stesse.

Comunque oggi, grazie all'impiego di combustibili meno inquinanti (gasolio a basso tenore di zolfo), il biossido di zolfo è presente in atmosfera in concentrazioni che sono per lo più trascurabili; pertanto il suo monitoraggio su vasta scala non risulta particolarmente significativo né indispensabile.

Nelle abitazioni sono inoltre presenti oggetti in pelle, coperte di lana che assorbono il biossido di zolfo e contribuiscono a diminuire la concentrazione dell'inquinante. Una precauzione da osservare durante gli episodi acuti di smog è quella di rimanere chiusi nelle abitazioni. Negli ultimi anni, grazie agli interventi che sono stati adottati per il miglioramento della qualità dei combustibili e per la diffusione della metanizzazione negli impianti di riscaldamento, l'emissione degli ossidi di zolfo nelle aree urbane dei Paesi Occidentali si è notevolmente ridotta, per questo l'importanza del biossido di zolfo come inquinante, almeno nei centri abitati, è leggermente diminuita.

OSSIDI DI AZOTO

Ogni anno nel mondo vengono emesse circa 50 milioni di tonnellate di ossidi di azoto (NO_x): più del 90% di tale quantità è prodotta da processi di combustione (impianti civili e sistemi di trasporto). In zone ad alta densità abitativa e soprattutto in caso di condizioni meteorologiche sfavorevoli, la concentrazione media giornaliera può raggiungere 0,4-0,5 ppm, superando di circa 400 volte i

valori medi di un'aria non inquinata. Nei gas di scarico degli autoveicoli sono contenute quantità più elevate di monossido di azoto (NO) rispetto al biossido di azoto (NO₂). Solo in un secondo tempo in atmosfera l'NO subirà un'ulteriore ossidazione, con conversione in NO₂.

Tale processo è attivato dalla radiazione solare. L'NO₂ viene pertanto considerato un inquinante secondario presente soprattutto nei mesi estivi, dal momento che deriva da un processo di trasformazione dell'NO (Figura 6).

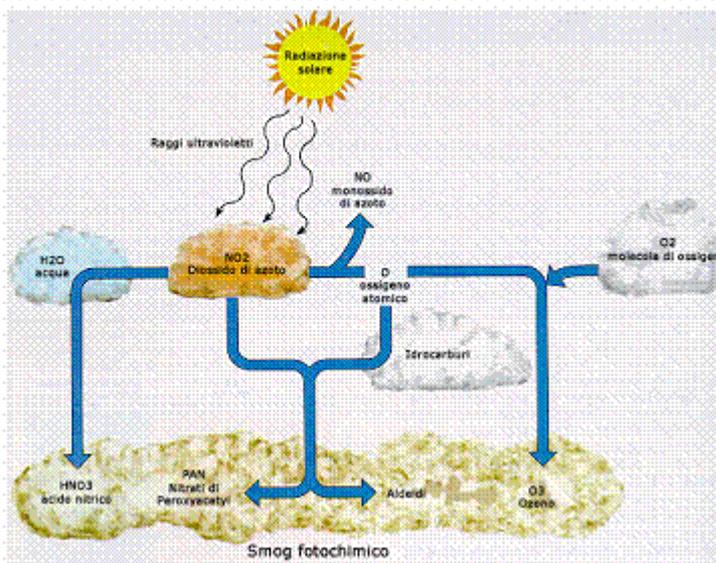


Figura 6: Il biossido di azoto assorbe le radiazioni emesse dal sole e libera monossido di azoto e ossigeno atomico (O₂). In seguito reagisce con il vapore acqueo e produce acido nitrico (HNO₃). Ancora, il biossido di azoto può reagire con i gas emessi dalle combustioni dei carboni fossili e può liberare le principali sostanze dello smog, come aldeidi e perossiacetil nitrati (PAN).

Il monossido di azoto è incolore ed inodore, mentre il biossido di azoto è di colore bruno-rossastro e di odore pungente e soffocante ed inoltre è circa quattro volte più tossico dell'NO, poiché esercita il suo principale effetto sui polmoni, provocando soprattutto edemi polmonari. I dati provenienti da studi condotti su animali e sull'uomo indicano che l'esposizione acuta a NO₂, al di sotto dei 1880 microgrammi/m³, non produce nessun effetto osservabile. Invece, sulle persone con malattie polmonari croniche e asmatiche un'esposizione già ad appena 560

microgrammi/m³ comincia ad evidenziare un effetto tossico. Il livello d'allarme per la salute umana parte da 400 microgrammi/m³.

Per quanto riguarda l'esposizione **cronica** a NO₂ (da alcune settimane a mesi) sugli animali, si è visto che l'esposizione cronica fino a livelli di 1880 microgrammi/m³ produce svariati effetti osservabili nei polmoni, nel sangue, nella milza e nel fegato. Nonostante le difficoltà nell'individuare un valore guida per le esposizioni croniche, viene ritenuto valido per la difesa della salute delle fasce più sensibili della popolazione un valore annuale di 40 microgrammi/m³.

Ad elevate concentrazioni, negli individui esposti si possono avere convulsioni e paralisi del sistema nervoso centrale, nonché ovviamente irritazione delle mucose e degli occhi. Oltre agli effetti dannosi sulla salute dell'uomo, gli ossidi di azoto provocano danni alle piante, con la comparsa di "clorosi fogliare" con diminuzione dell'attività fotosintetica, e contribuiscono alla formazione delle piogge acide favorendo l'accumulo di nitrati al suolo.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi dall'NO₂ è di 20 microgrammi/m³ (media anno civile), mentre la soglia di allarme è di 400 microgrammi/m³ misurati per 3 ore consecutive in località rappresentative della "qualità dell'aria" su almeno 100 km² oppure in una zona o in un intero agglomerato geografico, nel caso in cui questi siano meno estesi.

INQUINANTI NON CONVENZIONALI

Particolare attenzione meritano gli inquinanti definiti non convenzionali, in quanto la misura della loro concentrazione nei centri urbani è abbastanza recente.

Il DM del 15 aprile 1994 ha per la prima volta imposto alle città con più di 150.000 abitanti di misurare anche queste sostanze, che comprendono:

- Benzene
- Idrocarburi policiclici aromatici

- Polveri fini (o sottili)

Il benzene è una sostanza chimica incolore ma con un caratteristico odore pungente. Il benzene (formula C_6H_6 a struttura ciclica), è il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici (Figura 7). È presente nel petrolio greggio e viene prodotto in alcuni processi di raffinazione, per cui si ritrova in piccole quantità anche nella benzina. Ad essa apporta incremento di potenza sviluppata, migliorandone le prestazioni. Il benzene è largamente utilizzato come solvente e come materia prima per la sintesi chimica di numerosi composti di interesse industriale (resine, esplosivi, ecc.). È considerato un prodotto tossico per il sistema nervoso centrale, in caso di esposizioni elevate, ed è classificato come cancerogeno accertato per esposizioni croniche e ripetute. A temperatura ambiente il benzene volatilizza facilmente, passando cioè dallo stato liquido a quello gassoso. In aria è presente praticamente ovunque, derivando da processi di combustione sia naturali (incendi boschivi, emissioni vulcaniche) che antropici (emissioni industriali, gas di scarico di veicoli a motore, erogazione di carburanti, ecc.).

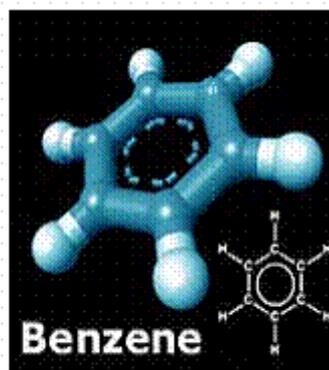
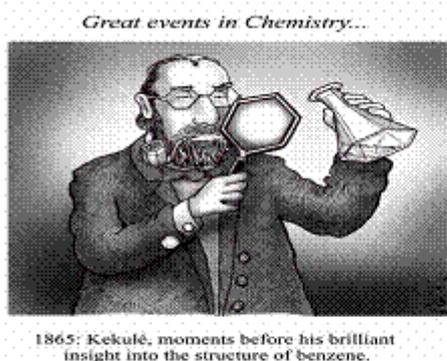


Figura 7: Immagine dello scopritore del benzene, Kekulé. Il benzene (formula C_6H_6 a struttura ciclica, esagonale), è il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici. È presente nel petrolio greggio e viene prodotto in alcuni processi di raffinazione, per cui si ritrova in piccole quantità anche nella benzina.

Il benzene è un carcinogeno accertato.

Nell'aria dei centri urbani il 90% delle emissioni di benzene è attribuibile alle produzioni legate al ciclo della benzina (l'aggiunta di benzene nelle benzine verdi, in sostituzione dei composti del piombo, ha effetto antidetonante e di aumento

del numero di ottani): raffinazione, distribuzione dei carburanti e soprattutto traffico veicolare dunque promuovono la liberazione in atmosfera del benzene. Questo inquinante viene rilasciato dagli autoveicoli in misura prevalente attraverso i gas di scarico e più limitatamente tramite l'evaporazione della benzina contenuta nei serbatoi delle vetture. Anche il fumo di tabacco produce benzene, con esposizioni che, sebbene siano trascurabili per quanto riguarda le concentrazioni atmosferiche di questa sostanza, risultano tuttavia molto significative per l'azione carcinogena nei soggetti che respirano il fumo sia attivamente che passivamente negli ambienti chiusi (Figura 8).

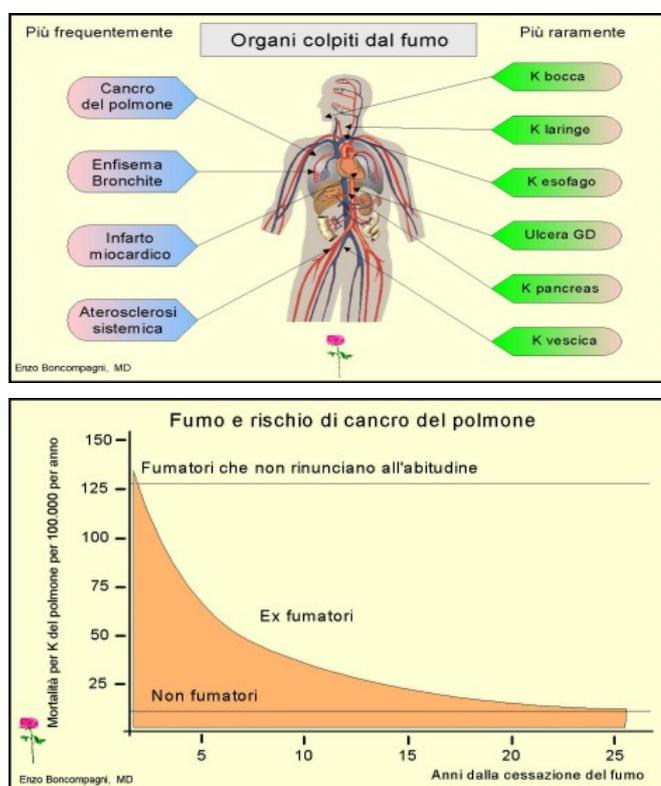


Figura 8: Il fumo di sigaretta e gli effetti sull' uomo, in particolare si può evidenziare una relazione grafica tra fumo e incidenza del cancro del polmone.

*K = cancro, carcinoma di varie sedi indicate.
GD = gastroduodenale.*

L'importanza del traffico autoveicolare come fonte di inquinamento da benzene è testimoniata dal fatto che negli abitanti delle grandi città la concentrazione di benzene nel

sangue risulta significativamente più alta rispetto a quella di chi vive in zone rurali, tanto che inoltre negli stessi soggetti si correla anche ad un aumento nella frequenza di leucemie.

L'assorbimento del benzene avviene per inalazione (per il 99% circa), per contatto cutaneo, nonché per ingestione, con effetti tossici che colpiscono organi sostanzialmente differenti in base alla modalità ed alla durata dell'esposizione. Si possono distinguere **effetti tossici acuti** ed **effetti tossici cronici da benzene**. I primi fanno seguito generalmente ad esposizioni per via inalatoria e/o cutanea. Gli organi colpiti sono il sistema nervoso centrale (si producono stati confusionali, tachicardia, mal di testa, tremori e perdita di conoscenza) ed il miocardio. Inoltre, mangiare o bere cibi contaminati da benzene può determinare vomito, irritazione delle pareti gastriche, sonnolenza, convulsioni ed anche morte. Tutto ciò può verificarsi anche per brevi esposizioni a livelli molto elevati di benzene, che possono incontrarsi in ambiente industriale, ma sono tuttavia poco frequenti nell'ambiente di vita della popolazione generale. L' **intossicazione cronica** riguarda invece la potenziale cancerogenicità del benzene sul sistema emopoietico, che produce inizialmente una diminuzione del numero dei globuli rossi e anemia. Esposizioni croniche a bassi livelli di benzene possono inoltre ostacolare la coagulazione del sangue e deprimere il sistema immunitario. Tra gli effetti a lungo termine rientra inoltre l'insorgenza di leucemia mieloide e di altre forme di cancro, che insorgono più frequentemente in seguito ad esposizioni basse e continue piuttosto che ad esposizioni elevate e intermittenti.

Il benzene danneggia in modo particolare anche le cellule germinali, determinando effetti mutageni e teratogeni. Non è ancora noto se l'esposizione al benzene danneggia il feto durante la crescita e possa ridurre la fertilità maschile. Studi condotti su animali hanno dimostrato che l'esposizione al benzene durante la gravidanza porta a nascite sotto peso, ritardi nello sviluppo osseo e danni al midollo osseo dei nati.

Il benzene è classificato infatti dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nella prima classe delle sostanze cancerogene (ovvero delle sostanze per cui le dimostrazioni

disponibili sono considerate “sufficienti” per dichiararle avere effetti cancerogeni certi). Secondo una stima dell'Organizzazione Mondiale della Sanità definita “Unit Risk (U.R.)” (ossia il rischio unitario, individuale, di sviluppare un tumore nel corso della vita) l'esposizione ad appena 1 microgrammo/m³ di benzene per l'intera vita, determina in quattro persone su un milione l'insorgenza di una leucemia linfoide non acuta.

Una cospicua fonte di emissione del benzene rilevabile negli ambienti chiusi (uffici, ambienti domestici, locali ricreativi) è collegata al fumo di sigaretta. Si calcola infatti che nelle abitazioni di soggetti fumatori la concentrazione di benzene sia del 30% superiore a quella delle abitazioni dei non fumatori. Inoltre si ritiene che fumando 20 sigarette al giorno si inali una quantità di benzene molto più elevata rispetto a chi si trova esposto alla stessa sostanza lungo strade molto trafficate, per diverse ore al giorno.

Oltre al benzene, anche un certo numero di sostanze della classe degli idrocarburi policiclici aromatici, gli IPA (o PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons) che comprendono una vasta classe di composti organici (circa 500) con due o più anelli benzenici, classificati dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro come composti organici semi volatili “sVOC”, ad eccezione del naftalene, e come composti probabilmente cancerogeni (appartenenti al gruppo 2A). La concentrazione di benzo(a)pirene viene utilizzata come indicatore per valutare il rischio complessivo derivante dalla classe di sostanze degli IPA.

Le fonti di diffusione in atmosfera di questi prodotti sono la combustione di carburanti fossili, come i carburanti per trazione, nonché il loro trasporto (navi petroliere, autobotti, ecc).

Gli incendi nelle foreste e nei campi agricoli possono essere sorgenti più modeste, ed inoltre limitate a particolari periodi dell'anno, dei medesimi composti .

In ambienti “indoor” questi prodotti si formano in seguito alla combustione del tabacco e dalle utenze domestiche che bruciano combustibili (riscaldamento, forni e fornelli per

cucina, camini) e si presentano parzialmente sottoforma di vapore e parzialmente assorbiti su particelle sospese con concentrazioni che sono, generalmente, maggiori di quelle “outdoor”: gli IPA in ambienti con fumatori possono arrivare in casi eccezionali da 1 a 50 ng/m³. Gli idrocarburi policiclici aromatici sono presenti anche nei cibi (cucinati sulle fiamme, affumicati, etc.) e nell’acqua.

Gli IPA vengono assorbiti dai polmoni e metabolizzati dal fegato dove vengono trasformati in composti in grado di indurre mutazioni e trasformazioni cellulari. Tra questi possiamo ricordare benzopirene, benzoantracene, metilcolantrene e numerosi altri, che rappresentano per lo più sostanze di interesse per la medicina del lavoro e fattori di rischio per determinate categorie di lavoratori dell'industria.

Tutti gli inquinanti presi in considerazione fin qui sono, a temperatura ambiente, dei gas. Nell’atmosfera vi sono però anche delle microscopiche goccioline o particelle solide a cui viene dato complessivamente il nome di particolato atmosferico. Esso può avere origine naturale (ad esempio le emissioni vulcaniche, i fumi degli incendi delle foreste) o artificiale: circa il 10% della quantità totale di particolato immessa nell’atmosfera in un anno sono di origine umana.

Le dimensioni del particolato sono molto variabili e possono andare da un millesimo di micron fino a qualche millimetro di diametro; le particelle di dimensioni minori di 0,1 micron vengono definite particelle di Aitken o particolato fine, quelle di dimensioni maggiori di 1 micron sono dette particelle giganti o particolato grossolano. Al particolato si attribuisce la sigla di PM (Particulate Matter)

Il particolato fine è costituito da prodotti di combustione, aerosol gas addensati o convertiti in particelle, vapori organici o di metalli riconsensati che raggiungono facilmente il tratto respiratorio inferiore (trachea, polmoni). Viene indicato con la sigla PM_{2,5} (particolato di dimensioni inferiori a 2.5 micron) ed è definito anche come particolato “inalabile”.

Gli studi più recenti suggeriscono che buona parte degli effetti del PM_{2,5} è in realtà “colpa” della frazione ultrasottile (le particelle inferiori di 0.1 micron: “ultra fine particles” o UFP). Queste particelle, così piccole da essere in grado di raggiungere il sangue ed il cervello e persino di entrare all'interno delle cellule, costituiscono la stragrande maggioranza del numero delle emissioni, pur avendo complessivamente una massa minima.

Il particolato grossolano invece è costituito principalmente da particelle provenienti dall'erosione/disgregazione della crosta terrestre (polveri minerali e sabbie), da polvere prodotta sulle strade e dalle industrie, nonché da particelle d'origine naturale come pollini e spore; tali materiali sono in genere trattenuti lungo il percorso entro la porzione superiore dell'apparato respiratorio (naso, laringe, bronchi).

Nell'ambito del particolato grossolano vi è un'ulteriore classificazione in relazione a quella frazione definita “respirabile” con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron e indicata con la sigla PM₁₀.

I valori limite per il PM₁₀ da raggiungersi in ambiente antropizzato (soprattutto urbano) entro il 1 gennaio 2010 sono fissate a 50 µg /m³ come media delle 24 ore da non superarsi più di 7 volte all'anno ed inoltre a 20 µg /m³ come media annuale nelle aree di misurazione.

Il tempo di permanenza di queste particelle nell'aria dipende dalla natura dei venti e dalle precipitazioni atmosferiche. Le particelle più piccole possono rimanere nell'aria per molto tempo; alla fine gli urti casuali e la reciproca attrazione fanno ingrossare le particelle stesse al punto da far loro raggiungere una velocità di caduta sufficiente a farle depositare al suolo.

La presenza di particolato favorisce la formazione di nebbie (“smog”), perché le particelle forniscono alle microscopiche goccioline di acqua che formano la nebbia, nuclei solidi intorno a cui condensarsi. Il particolato provoca danni ai materiali, come la corrosione dei metalli e delle pietre, nonché l'insudiciamento di edifici e di opere d'arte. La polvere può provocare sulle piante delle incrostazioni che

interferiscono col processo della fotosintesi, in quanto intercettano la luce solare.

Poiché il particolato non è un gas, la sua concentrazione nell'aria non è espressa in ppm (parti per milione), ma come massa di particelle presenti in un certo volume d'aria, quindi generalmente in microgrammi per metro cubo.

Questa misura, in un'aria che possiamo considerare pulita, non supera i 10 microgrammi per m³, mentre nella maggior parte delle aree urbane essa raggiunge valori compresi tra 300 e 3000 microgrammi per m³.

Alcune di queste sostanze contenute nel particolato atmosferico, prima di ricadere al suolo, prendono parte a una complessa catena di reazioni chimiche che le trasformano in sostanze a volte anche molto differenti da quelle di partenza, con la possibilità di acquisire anche una tossicità che inizialmente non avevano.

L'impatto dell'inquinamento da PM₁₀ (particolato con diametro inferiore a 10 micron) sulla salute umana ha rivelato che nella popolazione generale durante gli ultimi trenta anni, il 4,7% di tutti i decessi osservati, pari a 3.472 casi in Italia, sarebbe attribuibile al PM₁₀ in eccesso rispetto al valore soglia di 30 microgrammi per metro cubo.

Si rafforza la tesi che le emissioni del particolato PM_{2,5} facciano aumentare il rischio di morte per malattie cardiovascolari come infarto del miocardio ed ictus perché il particolato può portare ad un aumento della viscosità e della coagulabilità del sangue.

A questo si devono aggiungere le morti per malattie polmonari, la mortalità infantile, il peggioramento di patologie preesistenti, i ricoveri ospedalieri e la perdita di giornate lavorative per le malattie cardiopolmonari già presenti in precedenza, e probabilmente per diverse altre affezioni come la nuova insorgenza di diabete. Questo rischio è particolarmente alto in anziani, fumatori, cardiopatici, diabetici e bambini ed è dimostrabile sia per esposizione acuta ed iper acuta (l'esposizione di "oggi") e sia, fatto ancora più importante, per esposizione cronica (quella "di tutta la

vita") a concentrazioni anche insospettabilmente basse di inquinanti. I bambini sono a maggior rischio di effetti dannosi per diversi motivi, quali le minori dimensioni e l'immaturità dell'apparato respiratorio rispetto agli adulti, il diverso grado di deposizione delle particelle nelle vie aeree, ed il fatto che, per la loro statura, il loro apparato respiratorio si trova più vicino agli scarichi delle auto.

In altre parole, riducendo il PM10 ad una media di 30 microgrammi per metro cubo si potrebbero prevenire circa 3.500 morti all'anno nella sola popolazione italiana.

L'ambiente domestico ed i prodotti chimici di oggi

Oggi la nostra casa si è riempita inoltre di prodotti chimici di ogni genere, destinati soprattutto ad ottenere pulizie rapide e specifiche: decine di saponi a formulazione speciale per tante diverse esigenze, sbiancanti, deodoranti, antimuffa, impermeabilizzanti, insetticidi, brillantanti, lucidanti, lubrificanti, colle, adesivi, vernici speciali, antiossidanti: chi più ne ha, più ne metta (Figura 9).



Fig. 9

I nostri nonni (ed i loro predecessori) per la pulizia della casa usavano acqua e sapone, come si vede in questa antica fotografia; qualche volta usavano la varechina per le esigenze di disinfezione più energica; spesso occorreva una buona dose di pazienza e di energia fisica per ottenere un lavoro più accurato!!

Oggi, invece, abbiamo circa mille prodotti diversi in commercio per le pulizie della casa, sempre più rapide e sempre più efficienti: sono prodotti contenenti molte molecole tossiche e pericolose per la salute di chi vive in casa.

Raccomandiamo assolutamente di leggere con attenzione le istruzioni e le avvertenze di ogni singolo prodotto !!

E non sono soltanto prodotti per la pulizia; molti vengono addirittura nei nostri piatti: coloranti, conservanti, maturanti, ammorbidenti, antiaderenti per la cottura in padella, emulsionanti per preparati alimentari più soffici e gradevoli... altrettanti sono così i rischi per la salute !!! La chimica di sintesi è arrivata dunque non solo nella nostra casa ma anche nel nostro piatto. E' accertato che in un anno una persona ingerisce mediamente da 0,1 a 1 g di tensioattivi, che rimangono sui piatti appena lavati. In alcuni paesi c'è anche l'usanza di lavare i piatti e riporli senza risciacquo. I tensioattivi provocano o rinforzano le allergie, attaccano la parte grassa e protettiva della pelle e la corrodono, producendo dermatiti. Per ingestione provocano vomito, nausea, diarrea, dolori allo stomaco e all'addome. I saponi invece sono considerati non tossici, anche se pure loro hanno effetto irritante sulle mucose digestive. E' da tenere presente anche il rischio d'inalazione della schiuma nei polmoni, con possibilità di soffocamento. Nei casi più gravi si verificano collassi, paralisi muscolari, alterazioni epatiche e renali.

All'elenco delle sostanze pericolose si aggiungono anche i cosmetici che comprendono tinture per capelli, lacche, prodotti per il "make up".

Nelle tinture troviamo l'anilina, sostanza cancerogena, e la benzenammina, classificata invece come allergogena. Vengono anche usati coloranti all'antrachinone, azoderivati della benzidina, tutti sospetti cancerogeni. Solo la pianta dell'henné, le cui foglie danno al capello una colorazione rossa, si può per il momento considerare fundamentalmente innocua.

Nelle lacche per capelli vi sono resine formaldeidiche, insieme a profumi e conservanti, nocivi per il sistema respiratorio, occhi, orecchi, pelle. Essendo in genere tutte distribuite in confezioni "spray", e contenendo clorofluorocarburi (CFC), sono nocive per il consumo dello strato di ozono stratosferico, anche se in questo momento si usano nelle bombolette "spray" in alternativa ai CFC il propano, il butano e l'anidride carbonica.

Nei prodotti per "make up" sono presenti piombo (spesso entro il limite di 20 mg) e arsenico (nel limite di 5 mg), ma anche cadmio e mercurio: per tutti questi metalli è stato dimostrato un effetto di cancerogenicità.

Da diverse prove eseguite anche dopo l'ordinanza EU del 1978 si sono spesso riscontrate quantità molto superiori al consentito. Nelle ciprie è spesso presente bianco titanio, anch'esso tossico.

Molti dei prodotti chimici che usiamo quotidianamente o periodicamente in casa, (Figura 10), hanno una loro tossicità specifica, spesso piuttosto elevata (e regolarmente segnalata sulle confezioni); ma nessuno ancora sa quali siano con precisione i rischi di una esposizione a decine di composti contemporaneamente presenti a basse dosi.



Figura 10: Sostanze tossiche e cancerogene in ambiente domestico, come fumo passivo, vernici, tinte di pareti, arredi che rilasciano nel tempo sostanze tossiche di varia natura (formaldeide, solventi, ecc.).

Da una statistica effettuata su donne, i casi d'affezione bronchiale sono il doppio tra le casalinghe che tra le donne impiegate fuori casa. Le casalinghe sono le più affette da dermatiti, sia per le irritazioni che per le allergie, derivanti dai circa mille diversi prodotti in commercio per l'uso domestico. Lo stesso si può dire per le intossicazioni e gli avvelenamenti.

Bisogna sapere inoltre che, sebbene il nostro organismo sia dotato di meccanismi di detossificazione, in condizioni di sovraccarico tali meccanismi non funzionano adeguatamente, e le sostanze estranee si accumulano, provocando intossicazioni sintomatiche dopo un tempo più o meno lungo. Questa è la ragione per cui gli effetti non sono

così facilmente attribuibili alle cause. La natura funziona allo stesso modo, riuscendo a smaltire le sostanze dannose, ma spesso solo in tempi lunghi.

Molto raramente si tiene nel dovuto conto l'impatto ambientale che deriva dall'uso indiscriminato di prodotti nocivi, addirittura con danno alle risorse naturali.

Forse soltanto con anni di studio arriveremo a conoscere i pericoli biologici di molte sostanze interagenti a basse dosi: per ora la mancanza di dati e la mancanza di adeguati finanziamenti per la ricerca biomedica di base ci spinge a considerare trascurabili tali conseguenze, ma in realtà è molto vistosa la mancanza di ricerche approfondite in tali ambiti della tossicità combinata alle basse dosi. Il consiglio migliore, a tal proposito, è di applicare molta prudenza e di leggere con attenzione le caratteristiche chimiche di tutti i prodotti per la casa che compriamo e che utilizziamo.

La Sick Building Syndrome (SBS).

Un'altra patologia causata dall'inquinamento negli ambienti chiusi è la cosiddetta SBS (*Sick Building Syndrome o Sindrome dell'edificio malato*) provocata soprattutto dai composti organici volatili (VOC), che comprendono idrocarburi alifatici aromatici, composti clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni. I sintomi più evidenti della SBS sono: irritazione agli occhi e alle prime vie respiratorie, naso chiuso, cefalea, difficoltà di concentrazione e sonnolenza. Sintomi che si manifestano spesso nei frequentatori assidui (soprattutto negli impiegati) dei moderni edifici a vetri (grattacieli e simili costruzioni ad uso gestionale-amministrativo): la SBS sarebbe dovuta agli inquinanti ambientali ricordati, ad un insufficiente ricambio dell'aria negli ambienti incriminati ed anche ad altri fattori del microclima degli edifici moderni,

Va comunque ricordato che ad essere soggette al rischio non sono soltanto le categorie più esposte, ma lo è anche l'intera popolazione che subisce gli effetti sfavorevoli dell'inquinamento atmosferico che costituisce in ogni caso un fattore di riduzione del benessere dell'uomo.

CONCLUSIONI

La relazione diretta tra inquinamento atmosferico e salute è dunque ormai accertata e lunghissima sarebbe la lista degli studi che la documentano. Anche la chimica dei prodotti domestici aggiunge parti significative all'effetto finale. Una valutazione complessiva di quello che è definito come "effetto urbano" è imprecisa ma è stata comunque effettuata dall'Istituto Nazionale per la ricerca sul Cancro di Milano, che ha rilevato per chi vive in città un aumento del rischio di contrarre un tumore ai polmoni pari al 20-40% rispetto a chi vive in campagna, a causa delle alte concentrazioni di inquinanti atmosferici riscontrati in città.

Vista dunque la pericolosità delle emissioni urbane ed industriali causate dall'uomo sarebbe utile che le amministrazioni prendessero dei provvedimenti seri e concreti che mirino ad una effettiva e duratura riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Per migliorare la situazione oggettiva, occorre promuovere politiche di contenimento delle combustioni, delle emissioni a tutti i livelli (industriali e private), con un più razionale e moderato utilizzo dei mezzi di trasporto individuali da parte dei cittadini.

È inoltre necessario avere a disposizione strumenti per il monitoraggio, che consentano di individuare quale sia la quantità dei principali inquinanti rilasciati in atmosfera dai diversi settori emissivi.

La determinazione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici (SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, Ozono, Benzene) avviene mediante gli approcci induttivi e deduttivi: nel primo caso si utilizzano delle misurazioni dirette, rilevate per più del 75% dei giorni (50% nel caso del benzene) ottenute mediante l'impiego di analisi chimico/fisiche, sensori o strumenti più o meno complessi e realizzati per ricavare dei dati reali di concentrazione degli agenti in esame. L'approccio deduttivo, invece, si basa su tutta una serie di dati meno diretti, dai quali si calcola la concentrazione presunta degli inquinanti nell'aria.

I parametri maggiormente monitorati in Italia sono il biossido di azoto, il monossido di carbonio (dati forniti rispettivamente da 79 e 81 comuni) e il particolato PM₁₀ (79 comuni). Ancora un po' distaccato, anche se in crescita, il monitoraggio dell'ozono (74 comuni) e del benzene (64 comuni) mentre sono 67 i comuni che rilevano il biossido di zolfo ormai da diversi anni di sotto i valori limite.

Sensibilizzare le coscienze può risultare un compito difficoltoso e non privo di sconfitte, ma vanificare gli sforzi in questo ambito significa rischiare con la salute della collettività.

A questo proposito ci pare opportuno citare la dichiarazione fatta recentemente dal presidente nazionale di Legambiente, Ermete Realacci, il quale ha così rimarcato il problema: *“La salute pubblica va salvaguardata con ogni mezzo. Amministratori e sindaci devono impegnarsi in maniera decisiva affinché quello dell'inquinamento non sia più il principale male delle nostre città. Migliorare la mobilità, rendere più veloci i percorsi degli autobus, sostenere l'uso dei mezzi alternativi, sperimentare veicoli alimentati con tecnologie più moderne ed ecocompatibili, sono tutti possibili interventi per contenere l'inquinamento atmosferico.”*

Le proposte alternative per la riduzione dell'inquinamento nei centri urbani possono essere le seguenti:

1. Introduzione del “road pricing”, una tariffa per entrare con vetture private in un'area estesa del centro cittadino e del pedaggio su alcune statali; i profitti in entrambi i casi potrebbero essere reinvestiti nel trasporto pubblico locale.
2. Tariffazione della sosta con prezzi più alti dove c'è più richiesta di posti auto e gratuità nei parcheggi di scambio periferici connessi con il trasporto pubblico.
3. Valorizzazione della qualità del trasporto collettivo così come un aumento della sua concorrenzialità rispetto al trasporto privato. Si può promuovere e facilitare l'impiego combinato di mezzi pubblici e mezzi privati, permettendo, dove possibile, l'accesso ai mezzi pubblici con biciclette al seguito. In questo modo si può, infatti, incoraggiare l'intermodalità su tragitti brevi.

4. Aumento delle zone a traffico limitato, creazione di un sistema di isole pedonali diffuso su tutto il territorio comunale e valorizzazione dell'uso di sistemi di mobilità a partire dalle biciclette con itinerari protetti per le due ruote (oggi lo spazio a disposizione è prossimo allo zero) che assicurino l'utilizzo delle biciclette anche per gli spostamenti sistematici e non solo per il tempo libero.
5. Introduzione, valorizzazione e potenziamento di servizi innovativi come l'auto in comproprietà, il taxi collettivo o il bus a prenotazione, con l'obiettivo di ampliare il target degli utenti, fornendo servizi specifici caratterizzati da elevati livelli di comfort, frequenza e velocità degli spostamenti (taxi collettivi).
6. In altri termini occorre modulare l'offerta in funzione delle esigenze della domanda, rafforzando la copertura territoriale e temporale del servizio pubblico e promuovendone un'immagine più dinamica e competitiva. In molte delle città italiane, infatti, il servizio di trasporto pubblico è in questo periodo considerato un servizio "sociale", rivolto a segmenti d'utenza che non possono muoversi con mezzi propri.

Concludendo vorremmo infine accennare al fatto che le emissioni antropiche danneggiano sicuramente la salute umana, ma hanno anche un forte e sempre più manifesto impatto sulla salute del Pianeta.

L'effetto serra, il buco dell'ozono, le piogge acide sono altrettante dimostrazioni concrete dell'influenza negativa che le attività dell'uomo stanno rapidamente avendo sulla natura.

Prendersi cura di un ecosistema malato vuol dire innanzi tutto avere cura di sé stessi; avere cura di sé stessi in questo ambito significa ridurre al minimo il consumo e l'utilizzo di tutte le apparecchiature e di tutte le pratiche che possono generare inquinamento domestico ed atmosferico. Insomma: io salvo me stesso ma salvo anche il pianeta ("***i save my planet***", appunto), perché siamo tutti sulla stessa "Arca di Noè". Di qui la nostra idea di lanciare il sito <isavemyplanet.org>.

Più studio l'ecosistema e più devo concludere: "Quanto è piccolo il mondo".

BIBLIOGRAFIA

www.ecoage.com
www.pneumonet.it
www.miw.it
www.arpav.it
www.legambiente.com