

## INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Def: ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche che possono ledere o essere un pericolo per la salute umana, o per la qualità dell'ambiente o dei beni materiali

**Inquinante atmosferico:** qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso

Non bisogna focalizzare l'attenzione solo sulla *modificazione quantitativa* dei parametri, ma anche *qualitativa*, cioè della presenza nell'atmosfera di prodotti estranei di origine antropica ossia di sintesi e quindi non presenti normalmente in natura.

A seconda dell'ambito in cui si manifesta possiamo dividere l'inquinamento in:

- ≡ **Inquinamento atmosferico diffuso:** masse d'aria che si spostano per vasti territori e fanno sentire gli effetti anche a grande distanza dall'origine (ex: piogge acide)
- ≡ **Inquinamento atmosferico di origine urbana (diffuso):** traffico auto veicolare, riscaldamento domestico, distributori di benzina, piccole industrie artigianali nel tessuto urbano. La concentrazione degli inquinanti è più elevata nelle zone centrali della città, al suolo e in alcune ore della giornata. Le persone più suscettibili sono i bambini, i malati, gli anziani e le donne in gravidanza.
- ≡ **Inquinamento atmosferico di origine industriale (localizzato):** dovuto alle industrie, all'urbanizzazione e alla densità abitativa. È importante considerare : il tipo delle industrie; il tipo, il tempo e l'entità' di emissione delle sostanze; l'altezza a cui sono emessi i gas; il numero di abitanti esposti
- ≡ **Inquinamento atmosferico di origine dagli ambienti di lavoro ( localizzato):** presenta una pericolosità maggiore rispetto all'ambiente urbanizzato esterno, per la quantità il tempo e il tipo di sostanza con cui il lavoratore entra in contatto

### Tipi di inquinanti e meccanismi d'azione

Il meccanismo d'azione degli inquinanti atmosferici dipende dalle:

- ≡ Proprietà della sostanza
- ≡ La fonte di origine dell'inquinamento
- ≡ Le caratteristiche di diffusione e trasporto e dalle caratteristiche degli organismi bersaglio

### Caratteristiche fisiche degli inquinanti atmosferici

Gli inquinanti si possono trovare in atmosfera sottoforma di :

- ≡ Gas
- ≡ Liquidi (vapori)
- ≡ Mista liquido-solido (aerosol)

A seconda delle proprietà fisiche si distinguono in:

- ≡ Polveri:
- ≡ Esalazioni
- ≡ Fumo
- ≡ Mist (o nebbia artificiale)
- ≡ Nebbia
- ≡ Smog ( aereosol misto di fumoü smoke e nebbiaü fog)
- ≡ Nuclei di condensazione

## Caratteristiche chimiche ed azioni degli inquinanti

Distinguiamo:

1. **Inquinanti primari**: sono immessi nell'atmosfera come tali senza alcuna modifica o reazione
2. **Inquinanti secondari**: si formano per reazioni chimiche o fisiche degli inquinanti primari con componenti dell'atmosfera. Le reazioni chimiche possono essere: reazioni di acido-base, di ossidazione catalitiche e non catalitiche e reazioni fotochimiche a catena

Anche la **tensione di vapore** (tendenza di una sostanza a restare in fase gassosa) è una caratteristica chimico fisica importante, composti con elevata tensione di vapore si possono rilevare in fase gassosa a concentrazioni elevate, quelli a bassa tensione possono condensare e essere assorbiti su materiale corpuscolato.

### Monossido di carbonio (CO)

È il principale inquinante atmosferico gassoso, la cui origine antropica maggiore sono i motori a scoppio di tipo "a freddo" o il riscaldamento domestico inefficiente. Viene rimosso a livello ambientale nel suolo, con la trasformazione per ossidazione biologica in CO<sub>2</sub>. Esso ha un'affinità 200 volte > rispetto all'ossigeno per l'emoglobina, formando la carbossiemoglobina. La concentrazione di quest'ultima è proporzionale alla: concentrazione ambientale di CO, durata di esposizione, produzione endogena metabolica (minima 0.5-1%). L'anemia, l'ipertermia e alcuni farmaci possono aumentare questa quota endogena fino al 4-10%. Gli effetti del CO sono: ipossiemia, calo dell'attenzione, disturbi percettivi e cognitivi, aumento dei tempi di reazione nei riflessi.

### Ossido di Zolfo (SO)

La presenza nell'atmosfera di biossido di zolfo o anidride solforosa SO<sub>2</sub>, è dovuta all'uso di combustibili liquidi o solidi, dove gli ossidi di zolfo sono presenti come inquinanti o impurezze. Sono inquinanti tipici delle aree urbane o industrializzate, derivanti dal traffico auto veicolare, e dalle produzioni industriali. La concentrazione aumenta nei mesi freddi a causa del riscaldamento domestico e la produzione di elettricità e calore nelle centrali termoelettriche. L'SO<sub>2</sub> è un gas irritante, dall'odore pungente, immesso nelle vicinanze del suolo può essere assorbito dai vegetali e dal terreno ma, subisce trasformazioni chimiche che portano a formare H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> **acido solforico**. Nella mucosa nasale oculare e nelle prime vie respiratorie invece l'SO<sub>2</sub> può formare anche l'**acido solforoso** H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, eliminati dai reni in forma di solfati. I soggetti asmatici possono presentare bronco costrizione reattiva già a 250 microgrammi/m<sup>3</sup>, mentre per i soggetti normali questa soglia è spostata ad oltre 2000 microgrammi/m<sup>3</sup>.

### Ossidi di azoto (NO)

Sono diverse molecole a base di azoto: monossido di azoto NO, biossido di azoto NO<sub>2</sub> prodotti dal settore trasporti, centrali termoelettriche, dalla produzione di calore anche ai fini domestici. Per questi composti bisogna considerare il **ciclo fotolitico**, in quanto

producono *ossidanti fotochimici*, per azione della luce, in presenza di ossidi di carbonio e idrocarburi, che con una serie di reazioni complesse non ancora chiare producono una miscela detta: **smog fotochimico o di Los Angeles**.

IL Biossido di Azoto NO<sub>2</sub> è un gas brunastro dall'odore pungente, assorbito attraverso il muco e trasformato in:

- **Nitrito**: che dà vita alla metaemoglobina pericolosa nell'età pediatrica
- **Nitrati**: eliminati con le urine.

Possono provocare bronco costrizione nei soggetti asmatici e a concentrazioni più alte danni all'apparato respiratorio con edema polmonare. Sembra inoltre che ossidino i grassi della parete cellulare, aprendo la strada alla cancerogenesi

### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

In presenza di radiazioni solari l'ossigeno, gli idrocarburi e i composti organici volatili e gli ossidi di azoto possono formare l'ozono a livello del suolo. Esso è assente nei mesi più freddi e corti, mentre raggiunge il picco nella primavera-estate e nelle ore più calde della giornata. Il ruolo dell'ozono stratosferico è di proteggere dalle radiazioni U.V., al contrario dell'ozono che si forma in eccesso al suolo e si comporta quindi come un inquinante secondario irritante per le mucose respiratorie, provoca: tosse, dispnea e dolore toracico, con bronco costrizione. Ovviamente l'entità della risposta dipende dalla concentrazione ambientale, la durata di esposizione e la suscettibilità individuale.

### **Piombo (Pb)**

La sua concentrazione nell'atmosfera è andata diminuendo con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo). Quello presente nell'ambiente e nel suolo deriva dall'uso di concimi e fitofarmaci, oppure è rilasciato da materiali per la conservazione degli alimenti. Il target del Pb è il sistema nervoso e gastroenterico, ma tende ad accumularsi anche nei denti e viene rilasciato lentamente o velocemente in caso di gravi malattie, denutrizione, forte dimagrimento o gravidanza e allattamento. Può passare anche per via fetoplacentare o attraverso il latte.

### **Clorofluorocarburi (CFC)**

Venivano impiegati in passato come schiume per isolamento termico e antincendio, propellenti per spray, refrigeranti per frigoriferi e climatizzatori, ed impiegati su auto, navi ed aerei. Contengono cloro possono reagire con l'ozono e promuovere l'assottigliamento dell'ozonofera "buco dell'ozono"

### **Polveri Sospese/Particolato aerodisperso/ polveri totali sospese (PTS)**

Comprende una miscela di particelle il cui diametro, la massa, l'origine e la dimensione sono molto variabili. Questa miscela di particelle oggi è definita "PARTICULAR MATTER" (PM) o materiale particellare ü **indicatore di polverosità nell'aria atmosferica**.

La loro azione nociva dipende dall'azione inibitoria sulle mucocilia e sull'epitelio alveolare, dai processi infiammatori acuti e cronici che ne derivano

Classificazione:

- **Particelle ultrafini**
- **Particelle fini (PM<sub>2,5</sub>)**: originano dal traffico auto veicolare, dalle industrie e dal riscaldamento domestico. Sono le più pericolose perché hanno un rapporto superficie/massa a vantaggio della prima, per cui molte sostanze mutagene e

cancerogene e microrganismi, possono essere assorbite ed essere veicolate negli alveoli e poi nel torrente circolatorio

- **Particelle grossolane:**

- ≡ **Respiratorie:** possono giungere nella zona profonda dei bronchi ü **PM10**, originano dall'erosione eolica, eruzioni vulcaniche, trasporto con i venti come i venti del deserto
- ≡ **Non respiratorie:** di diametro maggiore non possono discendere nell'albero respiratorio e si arrestano nelle mucose nasali e faringee per opera del muco e delle cellule ciliate

Effetti acuti : infiammazione delle prime vie aeree, riacutizzazione e complicazione di patologie preesistenti di tipo cardiovascolare e respiratorio

Effetti cronici: BPCO, tumori polmonari

### **Composti organici volatili (VOC), idrocarburi e benzene**

Durante i processi di combustione nei motori a scoppio, nella raffinazione, nella produzione industriale ed artigianale, nelle incollaggio e verniciatura di superfici, si formano vari composti presenti in miscela nei carburanti e nei solventi:

toluene, xilene, benzene, tricloroetano, formaldeide e altre sostanze che vanno sotto il nome di composti organici volatili, che hanno un basso punto di ebollizione il che gli permette di passare in fase gassosa anche a temperatura ambiente.

Il benzene è un sicuro cancerogeno per l'uomo secondo la IARC che l'ha inserito nel gruppo 1. È un costituente della benzina ed è presente in quantità non trascurabili nel fumo di sigaretta. Il fumatore ne inala da 30-40 microgrammi per sigaretta per un consumo di circa 20 sigarette al giorno. Da considerare anche il rischio da fumo passivo.

### **Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**

Sono : il benzopirene, naftalene, metilcolantrene.

Derivano dalla combustione incompleta di sostanze organiche nei processi di motori a scoppio , dalle industrie o dal riscaldamento domestico, dal fumo di sigaretta e sono considerati probabili cancerogeni per l'uomo ( gruppo 2A della classificazione IARC, tranne benzopireneü gruppo 1). Gli IPA sono usati come antidetonanti nelle benzine verdi al posto del piombo, sono presenti negli alimenti cotti alla brace o affumicati, e nel fumo di sigaretta.

## **FONTI DI INQUINAMENTO**

### **Il riscaldamento domestico**

Gli impianti termici di riscaldamento nelle abitazioni sono una causa importante di inquinamento emettendo sostanze nocive e sottraendo all'ambiente materie prime non ricostituibili e di fonti energetiche non rinnovabili. Le sostanze emesse in caso di combustione completa sono : H<sub>2</sub>O E CO<sub>2</sub>. Mentre in caso di combustione incompleta: polveri e fumi, CO, idrocarburi incombusti, carbonio, catrame.

In caso di *impurezze od additivi dei combustibiliü* si producono SO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, ceneri e polveri

In caso di *combustioni ad alte temperatureü* NO, NO<sub>2</sub>.

### **Industrie**

Le sostanze emesse dalle industrie dipendono dal tipo di industria. Quelle emesse con maggiore frequenza sono : l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, cloro , silicati, particolato, piombo, idrocarburi.

### **Traffico auto veicolare e i trasporti**

È una delle maggiori fonti di inquinamento, correlata all'entità dei veicoli circolanti, alla costante emissione che essi svolgono h24, alla struttura urbanistica delle grandi città dove è maggiore la densità di autoveicoli e maggiore è il traffico. I veicoli inquinano per gli scarichi delle combustioni interne, i prodotti di sfianto del motore e per l'evaporazione del combustibile dai serbatoi. I motori a diesel sono più inquinanti di quelli a benzina per quanto riguarda il particolato, gli IPA e il benzopirene

## **Il trasporto e la diffusione degli inquinanti atmosferici**

### **IL trasporto**

Gli inquinanti atmosferici emessi dal suolo diffondono lentamente e tendono a restare localizzati nel punto di origine fino a raggiungere l'eventuale bersaglio o a decadere per detossificazione ambientale.

Gli inquinanti emessi ad altezze variabili dal suolo, come i camini, aerei, possono essere trasportati nelle zone alte della troposfera e nei primi strati della stratosfera dove vi sono venti a forte velocità che li spingono dalle zone pre-tropicali e tropicali verso le zone polari.

### **La dispersione**

La *concentrazione di un inquinante* emesso dal suolo, tende a diminuire lungo il tragitto di diffusione e **dispersione degli inquinanti**. Il motore di questa diffusione è la **turbolenza atmosferica** dovuta al rimescolamento delle masse d'aria, mediante la formazione di vortici di cui il *vento* è la principale forza. Il vento il cui moto è orizzontale, è da distinguersi dalle correnti ascensionali o discensionali che sono verticali

### **Il decadimento o diminuzione della concentrazione degli inquinanti .**

È dato dalla **deposizione secca** di particelle atmosferiche pesanti che tendono a sedimentare oppure essere assorbite al suolo e sulle superfici. La presenza nelle nubi di biossido di azoto o anidride solforosa, può generare le **piogge acide**. Se gli acidi si sono già formati è **lavaggio da precipitazioni o washout** in cui le piogge che scendono inglobano nelle gocce d'acqua queste molecole trascinandole al suolo. Se gli acidi non si sono ancora formati è **lavaggio da gocce in crescita o rainout** in cui non sono le gocce d'acqua della pioggia a trascinare in basso il contaminante, ma è la stessa particella inquinante a costituire il nucleo di condensazione per le molecole di acqua a livello delle nubi e a cadere con la pioggia quando il volume della molecola diventa pesante.

## **CRITERI DI QUALITÀ DELL'ARIA**

Stimano un livello di protezione della popolazione, in modo tale che possa essere determinata l'**entità di esposizione accettabile** a quel tipo di inquinante. Si procede descrivendo un ventaglio delle risposte biologiche nell'uomo verso l'azione di uno o più

fattori di rischio ambientale, identificando la **dose biologica nell'organismo ( carico corporeo o body-burden)** in relazione ai vari livelli di esposizione ambientale, fino a determinare i valori oltre i quali avremo *modificazioni anormali* significative di tipo organico, metabolico o comportamentale, reversibile o irreversibile.

Gli indicatori che descrivono l'emissioni in atmosfera sono:

- ≡ **Indicatori di pressione** ( tipo e quantità di sostanza emessa che deriva dai processi di combustione). Comprendono sia le emissioni dei singoli inquinanti che quelle complessive di più inquinanti
- ≡ **Indicatori di stato** : i parametri principali sono il particolato, il benzene, l'ozono troposferico, NO<sub>2</sub> e il biossido di zolfo