

# Inquinanti atmosferici

- Ossidi di zolfo
- Ossidi di azoto
- Monossido di carbonio
- Particolato (polveri)
- Altri (metalli, VOC, etc)

# ZOLFO

I composti dello zolfo di interesse ai fini dell'inquinamento atmosferico sono:

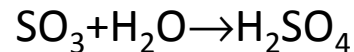
- Ossidi di zolfo:  $\text{SO}_2$  anidride solforosa,  $\text{SO}_3$  anidride solforica
- Acidi:  $\text{H}_2\text{S}$  idrogeno solforato,  $\text{H}_2\text{SO}_3$  acido solforoso,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  acido solforico
- Solfati e solfiti:  $\text{CaSO}_3$  solfito di calcio,  $\text{CaSO}_4$  solfato di calcio,  $\text{CuSO}_4$  solfato di rame,  $\text{COS}$  solfuro di carbonile, etc

Le reazioni chimiche che avvengono in combustione sono le seguenti:



In combustione si forma solo  $\text{SO}_2$

In atmosfera la  $\text{SO}_2$  si può ossidare a  $\text{SO}_3$  la quale diventa molto reattiva con l'acqua formando acido solforico



# Effetti nocivi degli ossidi di zolfo

- La  $\text{SO}_2$  in **atmosfera umida** determina il pericolo di danneggiamenti per le strutture metalliche (corrosione) e per i materiali da costruzione che sono essenzialmente composti da carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) che in presenza di acido solforico si converte in solfato di calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) meccanicamente meno resistente e solubile in acqua
- La  $\text{SO}_2$  in atmosfera provoca danni alla vegetazione sia nel caso in cui dia luogo a solfati sia nel caso in cui determini una maggiore acidità delle piogge. Per basse concentrazioni di  $\text{SO}_2$  i danni sono l'ingiallimento delle foglie ed un minor sviluppo fogliare. Per elevate concentrazioni si può arrivare fino alla morte della pianta.
- La  $\text{SO}_2$  è molto solubile in acqua quindi se inalata dall'uomo viene assorbita dalla parte superiore dell'apparato respiratorio (naso e gola). Potrebbe però raggiungere anche i polmoni. I suoi effetti sono di tipo irritante sia per le vie respiratorie sia per gli occhi. I danni maggiori all'apparato respiratorio sono provocati dalla  $\text{SO}_2$  in presenza di particolato: infatti in questo caso la  $\text{SO}_2$  irrita le vie respiratorie che non trattengono il particolato, il quale arriva direttamente ai polmoni. La  $\text{SO}_2$  assorbita dal particolato che arriva fino ai polmoni può provocare lesioni estese.

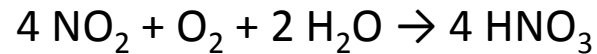
# OSSIDO DI AZOTO

Le principali forme ossidate dell'azoto (ossidi di azoto) comprendono: monossido di azoto NO, il biossido di azoto NO<sub>2</sub>, il triossido di azoto NO<sub>3</sub>, il protossido di azoto N<sub>2</sub>O, l'anidride nitrosa N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e l'anidride nitrica N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Solo i primi due composti però assumono rilevanza pratica nei riguardi dell'inquinamento atmosferico.

I gas prodotti dalla combustione presentano una forte prevalenza di NO (oltre il 90%). L'NO immesso in atmosfera si ossida rapidamente (nel giro di qualche ora) a NO<sub>2</sub>. Con il termine di NO<sub>x</sub> si intende la somma di NO e di NO<sub>2</sub>.

# Effetti nocivi degli ossidi di azoto (NOx)

- Possono esercitare effetti nocivi sui materiali per la loro azione corrosiva determinata dal loro decadimento con formazione di acido nitrico:



- Tale azione corrosiva caratterizza anche gli effetti negativi degli NOx sulle piante.
- Nei confronti della salute umana, gli NOx sono tossici ed irritanti per le vie respiratorie. L'NO<sub>2</sub> rappresenta l'elemento più pericoloso sia perché più tossico per l'uomo rispetto all'NO sia perché gioca un ruolo fondamentale nella formazione degli inquinanti secondari.
- Se inalati, gli NOx possono provocare asfissia in quanto, sotto forma di nitriti e nitrati, ossidano il ferro dell'emoglobina presente nel sangue rendendola inutilizzabile come vettore per il trasporto dell'ossigeno.
- Esposizione a concentrazioni di 0.05-0.1ppm (non inusuali nelle zone più inquinate) può causare malattie respiratorie.
- Esposizioni anche brevi a concentrazioni dell'ordine di 300-500ppm possono provocare edemi polmonari ed effetti sul sistema nervoso centrale.

# MONOSSIDO DI CARBONIO

Si forma nei processi di combustione degli idrocarburi perché il CO è il prodotto di reazione intermedio alla formazione di CO<sub>2</sub>.

Durante la combustione, gli idrocarburi reagiscono rapidamente con l'ossigeno formando CO, H<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. L'ossidazione del CO a CO<sub>2</sub> è invece una reazione più lenta che si può completare solo se nei gas combusti c'è sufficiente ossigeno e se la temperatura è sufficientemente elevata.

# Effetti nocivi del CO

- Il CO è un gas inodore, insapore e incolore. Può esercitare effetti negativi soprattutto nell'uomo.
- Non si ha cognizione di possibili effetti negativi nei confronti dei materiali
- Nei confronti della vegetazione i danni sono di entità molto limitata e comunque prodotti solo per elevate concentrazioni.
- Nell'uomo il CO si lega con l'emoglobina e determina una minore capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue; contemporaneamente si ha una diminuzione della capacità di dissociazione dell'ossi-emoglobina (cioè l'emoglobina legata con l'ossigeno). La carenza di O<sub>2</sub> nel sangue ha conseguenze negative sul sistema nervoso (difetti della visione, alterazione della reattività fino a giungere a paralisi e blocco respiratorio) e su quello cardio-circolatorio. Tali effetti sono proporzionali alle percentuali di emoglobina legata al CO invece che all'O<sub>2</sub>.
- L'esposizione a concentrazioni di CO superiori ad alcune centinaia di ppm può portare alla morte. Simili concentrazioni sono possibili solo in ambienti confinati con sorgenti rilevanti di CO e scarso ricambio d'aria.

# PARTICOLATO (Particelle Sospese Totali)

Particolato viene definita qualsiasi sostanza liquido o solida dispersa in atmosfera, i cui aggregati individuali hanno dimensioni comprese :

$$0.0002 \mu\text{m} < d < 500 \mu\text{m}$$

Le caratteristiche dipendono da dimensione, composizione chimica, forma, fase, etc..

Il particolato assume diverse denominazioni:

- **aerosol**: è qualsiasi particella solida o liquida dispersa in atmosfera
- **polveri**: sono particelle solide derivanti da operazioni di macinazione e frantumazione (**dust**)
- **fumo**: sono particelle solide derivanti da condensazione di vapori. Nel caso in cui siano costituite principalmente da carbonio derivante da combustione incompleta sono chiamate **smoke** o **soot**
- **nebbie**: sono particelle liquide sospese in atmosfera
- **smog**: miscela di fumo e nebbia

Circa il 30-60% in massa di PST è rappresentato da particolato di dimensioni inferiori a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Circa il 20-40% in massa di PST è rappresentato da particolato di dimensioni inferiori a 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ).

Tali frazioni, dette fini, sono prodotte dalla combustione e contengono un nucleo di carbonio sul quale si trovano assorbite altre sostanze quali solfati, nitrati, ammoniaca, composti organici, metalli.

La frazione grossolana ( $d > 10 \mu\text{m}$ ) è costituita da particelle di sabbia, ceneri del combustibile, sali, ossidi metallici, etc.



# Effetti nocivi del particolato

- La sedimentazione di particolato sulle superfici esterne di edifici e monumenti provoca lo sporcamiento di dette superfici. La rimozione della patina di sporco mediante azioni meccaniche o agenti detergenti può provocare un indebolimento meccanico dei materiali. Inoltre le particelle di particolato possono fungere da nuclei di condensazione dell'umidità dell'aria e quindi, in presenza di ossidi di azoto e di zolfo, si possono avere effetti corrosivi
- I depositi di particolato sulle foglie delle piante provoca una riduzione dell'assorbimento della luce solare con conseguente riduzione del processo di fotosintesi clorofilliana.
- Sull'uomo i danni del particolato sono inerenti all'apparato respiratorio ed in particolare ai polmoni. La parte superiore dell'apparato respiratorio (naso, faringe e trachea) riesce a trattenere la maggior parte delle particelle di dimensioni superiori a  $10\ \mu\text{m}$ . Particelle più fini ( $0,5 < d < 5\ \mu\text{m}$ ) sono fermate dalle mucose dei bronchi e dei bronchioli.
- Il pericolo è rappresentato dalle particelle più fini ( $1 < d < 3\ \mu\text{m}$ ) che penetrano nei polmoni e si depositano negli alveoli, con possibile assorbimento nel sangue e con conseguente possibile intossicazione.
- Il particolato difficilmente risulta tossico, ma i pericoli possono provenire dalla presenza superficiale di sostanze tossiche come acidi e metalli pesanti (piombo e mercurio possono causare danni al sistema nervoso, il nichel ed il berillio possono provocare tumori, il cadmio potrebbe produrre malattie cardio-circolatorie).

# Decreto Legislativo 152/06

## Tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera

La parte quinta del decreto legislativo n. 152/2006, titolo I, con l'obiettivo della prevenzione e della limitazione dell'inquinamento atmosferico, si applica agli impianti industriali che producono emissioni in atmosfera; vengono stabiliti i valori di emissione, le prescrizioni, i metodi di campionamento e di analisi ed i criteri per la valutazione della conformità delle misure ai valori limite.

Punto qualificante del decreto è la promozione del ricorso alle migliori tecnologie disponibili.

Il Titolo I provvede al recepimento della direttiva comunitaria 2001/80/CE concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera dai grandi impianti di combustione (potenza termica nominale superiore a 50 MW).

- **inquinamento atmosferico**: ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un **pericolo** per la **salute umana** o per la **qualità dell'ambiente** oppure tali da ledere i **beni materiali** o compromettere gli **usi legittimi** dell'ambiente;
- **effluente gassoso**: lo scarico gassoso, contenente emissioni solide, liquide o gassose; la relativa portata volumetrica è espressa in **Nm<sup>3</sup>/ora**, valutata sul **secco** e con un **prefissato tenore di ossigeno**;
- **migliori tecniche disponibili**: le più efficienti ed avanzate modalità di realizzazione, esercizio e chiusura dell'impianto, disponibili a condizioni **economicamente e tecnicamente** valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, in grado di garantire un **elevato livello di protezione dell'ambiente** nel suo complesso.

# Decreto Legislativo 152/06

## Limiti di emissione per i nuovi impianti nuovi

inquinante	Potenza termica nominale (MW)			combustibile
	50≤P<100	100≤P≤300	P>300	
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	850	200	200	solidi (6% O <sub>2</sub> ), no TG
	850	500-P	200	liquidi (3% O <sub>2</sub> ), no TG
	35	35	35	gassosi NG (3% O <sub>2</sub> )
NOx (mg/Nm <sup>3</sup> )	400	200	200	solidi (6% O <sub>2</sub> )
	400	200	200	liquidi (3% O <sub>2</sub> )
	150	150	100	gassosi NG (3% O <sub>2</sub> )
NOx (TG) (mg/Nm <sup>3</sup> )	50	50	50	gassosi NG (15% O <sub>2</sub> ) altri comb. liq. e gass.
	120	120	120	
polveri (mg/Nm <sup>3</sup> ) no TG	50	30	30	solidi (6% O <sub>2</sub> )
	50	30	30	liquidi (3% O <sub>2</sub> )
	5	5	5	gassosi NG (3% O <sub>2</sub> )
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	250	250	250	