



Con alcuni appunti da:



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

A proposito di OZONO

(Ozono buono e ozono cattivo, ovvero il rovescio di una medaglia)

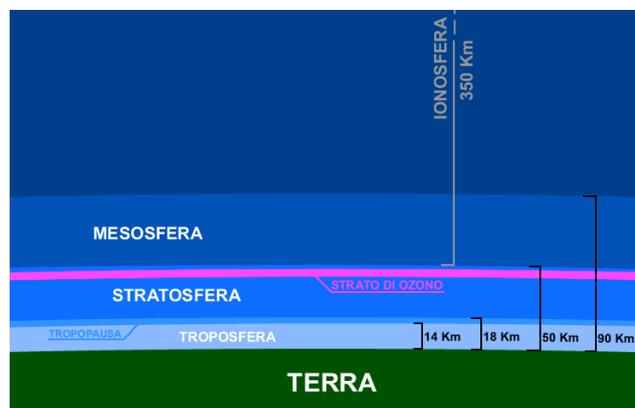
Cosa succede nell'atmosfera?

In prossimità dell'estate si torna a parlare di "allarme ozono" e della necessità di cautelarsi dallo "smog fotochimico". Ma cos'è l'ozono, di cui leggiamo tanto frequentemente sui quotidiani e che sentiamo citare spesso durante i telegiornali? Perché è messo in relazione al "solleone" o all'inquinamento dei nostri centri urbani?

Spero di fare un po' di chiarezza. Va fatta subito una precisazione fondamentale, cioè che **"l'inquinamento da ozono"**, più comunemente detto *smog estivo* o *fotochimico*, non va confuso con il problema del **"buco dell'ozono"**¹ (che si forma sopra l'Antartide ma si propaga anche a grandi distanze) e prodotto dai famigerati CFC-COV, ecc, che viaggiano con le correnti d'aria e salgono fino alla stratosfera dove c'è l'ozono cosiddetto buono².

L'ozono è un gas, tossico ad alte concentrazioni, formato da tre atomi di ossigeno (O₃).³ In natura si trova in misure rilevanti negli alti strati dell'atmosfera terrestre (**stratosfera**), dove costituisce una fascia protettiva nei confronti delle radiazioni ultraviolette del sole,⁴ nocive per la nostra salute e, in questa zona, l'ozono è indispensabile per neutralizzarli, assorbendoli, e preservare la vita sulla terra, perché senza lo scudo protettivo dell'ozono la vita nel nostro pianeta non ci sarebbe.⁵

Molti gas alogenati (idrocarburi in gran parte banditi oggi dal mercato) utilizzati in passato come refrigeranti nei frigoriferi e nei condizionatori d'aria, negli estintori, nei solventi per la pulitura a secco e come propellenti nelle bombolette spray, ecc., possono raggiungere intatti gli strati alti dell'atmosfera dove interagiscono con l'ozono causandone la sua riduzione.



IL CIELO E' BLU PERCHE' C'E' L'OZONO NELLA STRATOSFERA

¹ Meglio definirlo come un assottigliamento dello strato di ozono, anche per colpa di raggi cosmici.

² Clorofluorocarburi (*freon*), usati come liquidi di raffreddamento nei circuiti frigoriferi e Composti Organici Volatili, capaci di intaccare lo strato di ozono cosiddetto "buono", cioè quello stratosferico, in seguito al rilascio di radicali "cloro" per effetto delle radiazioni ultraviolette.

³ Quando una molecola di ossigeno (O₂) è colpita dai raggi ultravioletti, essa si rompe e si divide in due atomi di ossigeno ognuno dei quali, a sua volta, si può unire con un'altra molecola di ossigeno formando una nuova molecola con 3 atomi di ossigeno, O₃, detto ozono. (Scariche elettriche che convertono l'ossigeno dell'aria in ozono).

⁴ L'ozono assorbe i raggi ultravioletti (UV-B lunghezza d'onda fra i 200 e i 400 nanometri o miliardesimi di metro).

⁵ La terra ha circa 4,6 miliardi di anni. Lo strato di ozono si crede si sia formato 400 milioni di anni fa, dando inizio alla vita sulla terra.

Negli strati più bassi dell'atmosfera, la "**troposfera**", l'ozono cosiddetto cattivo, è normalmente presente in bassissime concentrazioni, tranne nelle aree in cui la presenza di vari inquinanti chimici e in concomitanza di fattori meteo-climatici favorevoli come le alte temperature estive, che inducono la sua formazione con conseguente aumento della sua concentrazione. Il *buco dell'ozono* è un assottigliamento dello strato di ozono **buono** di cui abbiamo bisogno per proteggerci dalle radiazioni ultraviolette. L'inquinamento da ozono cosiddetto **cattivo**, si riferisce all'aumento della sua presenza nell'aria che respiriamo, soprattutto nei periodi estivi, dovuto e per colpa degli inquinanti presenti, e può avere effetti dannosi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente. Non credo però che possa esistere un ozono buono e uno cattivo, ma un ozono che, se proprio deve essere definito cattivo, lo è perché prodotto in conseguenza proprio dal troppo inquinamento e, se in eccesso, può dare dei fastidi. (V. oltre).

Come si forma l'ozono nell'aria che respiriamo?

Al livello del suolo, quindi nella troposfera, la molecola di **O₃** si forma quando ci sono degli inquinanti, principalmente ossidi di azoto (N) e composti organici volatili (COV) e in presenza della radiazione solare.

Le sorgenti di questi inquinanti, detti "*precursori*" dell'ozono, sono di tipo antropico (cioè derivanti dall'attività umana, quindi dai veicoli a motore, dalle centrali termoelettriche, le industrie, i solventi chimici, i processi di combustione, ecc.), e di tipo naturale, quali i boschi, le foreste ma anche gli animali e insetti, che emettono i "**terpeni**" che sono sostanze organiche volatili odorose e molto reattive.⁶

Le concentrazioni di ozono sono inoltre influenzate da variabili meteorologiche come l'intensità della radiazione solare, la temperatura, la direzione e la velocità del vento, la pioggia. Ecco perché si osservano delle sensibili variazioni stagionali nei valori di ozono. Nei periodi estivi, le particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature e scarsa ventilazione, favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti e, con il forte irraggiamento solare, innescano una serie di reazioni fotochimiche che producono e determinano concentrazioni di ozono più elevate rispetto al livello naturale, compreso tra i 20 e gli 80 microgrammi per metro cubo di aria. I valori massimi sono raggiunti nelle ore più calde della giornata, dalle 12 alle 17, per poi scendere durante le ore notturne.

La dinamica di formazione dell'ozono e di altri inquinanti fotochimici è tale per cui grandi masse d'aria possono spostarsi anche a centinaia di chilometri di distanza dalle fonti di emissione degli inquinanti *precursori*. In prossimità di sorgenti di monossido di azoto (NO), come quello emesso dai veicoli a motore e dai grandi impianti di combustione, l'ozono (O₃) può essere significativamente consumato dalla reazione:



Questo spiega perché **i valori più elevati di ozono si raggiungano in zone rurali**, meno interessate da attività umane (*sembra un paradosso ma è così*). Le stesse piante, con troppo ozono troposferico, possono soffrire perché può entrare negli stomi delle foglie dove abitualmente la pianta assorbe l'aria, danneggiando il suo metabolismo, contro producendo la fotosintesi.⁷ La formazione di NO₂, cioè in presenza di inquinanti come gli idrocarburi prodotti ed emessi dall'attività umana, forma O₃ che diventa a sua volta un inquinante secondario e, inconsapevolmente, definito "ozono cattivo" se supera una certa concentrazione nell'aria che respiriamo, di oltre 240 microgrammi per m³. Ma sono gli inquinanti che l'ozono tenta di distruggere, a formare tutto lo smog fotochimico di cui l'ozono fa anche parte, e che fa male ai nostri polmoni e alla nostra salute. Quindi bisogna ridurre le fonti di inquinamento per non danneggiare l'ozonosfera, se non si vuole avere un eccesso di ozono! E' più facile far credere e dare la colpa all'ozono che è solo una concausa del vero colpevole, cioè l'inquinamento sconsiderato prodotto dall'uomo.

Gli effetti dello smog fotochimico.

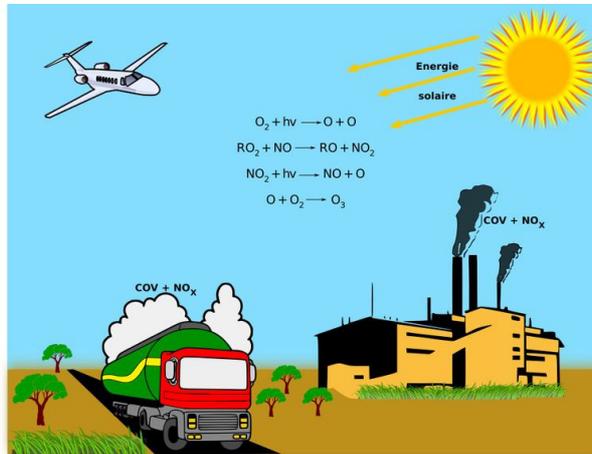
I motivi che rendono necessario il monitoraggio dell'ozono e la riduzione delle sue concentrazioni in atmosfera sono numerosi. La presenza di elevati livelli di ozono danneggia la salute umana, quella degli animali, delle piante e produce il deterioramento di materiali (come la gomma) e la visibilità. Tra gli **effetti acuti** derivanti dall'esposizione all'ozono si devono ricordare le irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e all'apparato respiratorio, un senso di pressione sul torace e la tosse, come azione irritante nei confronti delle mucose. I rischi per la salute dipendono ovviamente dalla concentrazione di ozono presente nell'aria che

⁶ I *terpeni* prendono un atomo di ossigeno a seguito dell'esposizione solare, cioè delle radiazioni ultraviolette, che può legarsi ad una molecola di ossigeno per formare ozono O₃, come avviene ad esempio, nei fulmini di un temporale. Un metodo per prepararlo in laboratorio è quello di far scoccare una scintilla in un'atmosfera ricca di ossigeno, cioè quello che succede quando un fulmine solca l'atmosfera ad alta quota.

⁷ Fenomeno basilare di nutrizione vegetale. E' un processo di conversione di acqua e anidride carbonica in carboidrati. Avviene in presenza di clorofilla, la parte verde della pianta che fabbrica la sostanza organica partendo dall'anidride carbonica assorbita attraverso l'apparato fogliare e dall'acqua, per capillarità, dal terreno tramite le radici, dove l'energia necessaria perché avvenga il fenomeno della fotosintesi clorofilliana è ricavata dalla luce solare. Durante il processo viene liberato ossigeno.

respiriamo e dalla durata dell'esposizione. In caso di sforzi fisici, l'azione irritante risulta più intensa e le prestazioni fisiche possono diminuire. Le più recenti indagini mostrano inoltre che lo *smog estivo* ed il forte inquinamento atmosferico possono portare ad una maggiore predisposizione ad allergie delle vie respiratorie.

In ogni caso occorre ricordare che gli effetti dell'ozono sono contraddistinti da grandi differenze individuali e gli eventuali disturbi sanitari non hanno carattere cumulabile, ma tendono a cessare con l'esaurirsi del fenomeno di concentrazione acuta di ozono.



Le informazioni sulle concentrazioni di ozono sono diffuse dalle agenzie ambientali regionali (ARPA) attraverso i loro siti. Quando viene superato il valore medio orario di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ scatta la “soglia di informazione” mentre a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ scatta la soglia di allarme, oltre la quale, le amministrazioni comunali devono avvisare la popolazione, consigliando le persone più sensibili come anziani, malati cronici e bambini, di ridurre l'esposizione e le attività all'aperto nelle ore più calde. L'azione umana da un lato, attraverso gas come i CFC clorofluorocarburi e i COV, messi al bando fin dal 1987, ha danneggiato lo strato di ozono stratosferico “buono” e per opposto l'inquinamento urbano, industriale e anche agricolo creano nelle città l'ozono troposferico o “cattivo”



Bambini piccoli donne in gravidanza persone molto anziane

E' bene che queste persone evitino prolungate esposizioni all'aperto nelle ore più calde della giornata e riducano al minimo, sempre durante le stesse ore, lo svolgimento di attività fisiche affaticanti (corse in bicicletta, gare, attività sportive in genere) che comporterebbero un aumento dell'impegno respiratorio.

E' opportuno svolgere tali attività nelle prime ore della giornata (non oltre le ore 10 del mattino) oppure nel tardo pomeriggio o alla sera (dopo le 17) e aiuta bere molto, mangiare frutta colorata ricca di antiossidanti, per neutralizzare l'ozono in eccesso.⁸

Quando preoccuparsi per l'ozono?

A causa degli effetti dell'ozono, sein eccesso, sull'uomo e sulla vegetazione, confermati da numerosi studi epidemiologici, la normativa europea e quindi quella italiana, hanno regolamentato la valutazione delle concentrazioni di tale inquinante. **Il Decreto Legislativo 155/2010 definisce:**

- **soglia di informazione:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- **soglia di allarme:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;

⁸ L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanita') consiglia che nella nostra atmosfera, troposfera, l'ozono cosiddetto cattivo non debba superare concentrazioni di 70 ppb. (1 ppb= una parte per miliardo di parti di aria = un microgrammo, millesimo di milligrammo, di ozono per m3 di aria.

- **obiettivo a lungo termine:** livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente;
- **valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Nella **Tabella** di seguito riportata sono indicate **le soglie, gli obiettivi a lungo termine e i valori** definiti dal D.Lgs. 155/2010

Protezione della salute umana	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni
	Soglia di informazione	superamento del valore orario	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Soglia di allarme (*)	superamento del valore orario	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Protezione della vegetazione	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 (**) calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ da calcolare come media su 5 anni

L'ozono non può essere considerato pericoloso per l'uomo e animali domestici se esposti per brevi periodi, perché entro pochi minuti dalla produzione si decompone completamente ritrasformandosi in ossigeno.

Conclusioni:

L'ozono non può essere considerato una volta "buono" e un'altra volta "cattivo". O è buono o è cattivo. O meglio, come in tutte le cose, anche una buona medicina se presa in eccesso oltre la dose prevista dal medico, può fare male.

L'Ozono, lo definirei come *"l'inquinante al posto sbagliato"*. Infatti, se l'inquinamento atmosferico determina ad alta quota un assottigliamento della fascia *d'ozono buono*, creando il famigerato *"buco dell'ozono"*, dall'altro lato, un suo aumento a bassa quota, detto a mio avviso e impropriamente *ozono cattivo*, può essere nocivo, in particolar modo nelle ore calde dei giorni d'estate e in prossimità del suolo ed oltre certe concentrazioni. (*Ma ripeto, non è colpa dell'ozono, ma dell'attività dell'uomo*).

In pratica siamo di fronte a due problemi opposti: nella stratosfera ci si preoccupa perché manca ozono, mentre nella troposfera, ovvero nell'aria in cui viviamo, ci si preoccupa perché di ozono in alcuni momenti ce n'è troppo.

(*Mi viene in mente un paragone della doppia natura dell'ozono, come il Dr. Jekyll e Mr. Hyde!*).

Roberto Bruni.

Altri usi industriali dell'Ozono:

L'ozono, in quanto agente ossidante enormemente più efficace dei composti del cloro e non responsabile di sottoprodotti organici, e agente di arricchimento di ossigeno, è il più valido strumento che la tecnologia può applicare.

- Disinfezione del pesce da spore di muffe e batteri durante la loro lavorazione e produzione.
- Disinfezione di frutta e verdura da spore di muffe e lieviti- conservazione prodotti alimentari.
- Ossidazione di inquinanti chimici dell'acqua (ferro, arsenico, acido solfidrico, nitriti e complessi organici);
- Ausilio alla flocculazione di fanghi attivi nella depurazione delle acque di scarico, con riduzione del COD e la loro disinfezione finale.
- Pulizia e sbiancamento dei tessuti;
- Disinfezione di aree pubbliche e deodorazione nell'attività artigianale;
- Disinfezione e deodorazione di ambienti alberghieri e ristorazione, case di riposo, scuole, cinema, ecc.
- Disinfezione dell'acqua negli acquedotti e potabilizzazione;
- Disinfezione dell'acqua delle piscine;
- Disinfezione dell'acqua destinata all'imbottigliamento.

Alcuni esempi.

- **Il trattamento dell'ozono sulla carne** diminuisce il numero di batteri mesofili aerobici, coliformi e solfato riduttori presenti sulla carne e nei relativi veicoli di trasporto. Uno studio dimostra l'inibizione della crescita microbica sulle carni di manzo conservate alla temperatura di 0.4°C, utilizzando Ozono ad una concentrazione tra 10 e 20 ug/l. L'ozono è efficace sulle carni se utilizzato nelle concentrazioni indicate, ovviamente se le carni non sono già pesantemente contaminate.

- **Il trattamento di disinfezione con l'ozono è risultato efficace anche su frutta e verdura.** Sono stati effettuati svariati test su mele, uva, arance. Ad esempio, sottoponendo acini d'uva per 20 minuti ad una concentrazione di ozono pari a 8 mg/l si ha una diminuzione del numero di batteri, funghi e lieviti. Altri test, risultati positivi, sono stati effettuati su patate, cipolle e bietole da zucchero, utilizzando una concentrazione di ozono pari a 3 mg/l, temperatura di 6 - 14 °C. Dai test eseguiti si può inoltre confermare che la QUALITÀ e chimica non cambiano. la composizione.

- **Sono stati effettuati trattamenti sulla pelle del pesce** utilizzando **soluzioni al 3%** di NaCl + ozono.

Letture di approfondimento consigliate

Il problema dell'inquinamento fotochimico:

<http://www.arpa.emr.it/Motap/RAVENNA/Deserti/PROBLEMA.HTM>

Effetti sulla salute dell'inquinamento da ozono

<http://www.arpa.emr.it/Vicenza/convaria96/BISANTI/bisanti.html>

Formazione dell'ozono troposferico e lo smog estivo: la riduzione delle emissioni di composti organici volatili

<http://www.arpa.emr.it/Vicenza/convaria96/TAMPONI/tamponi.html>

Ozono e smog fotochimico. Che fare?

<http://www.arpa.emr.it/Vicenza/convaria96/CATTANI/vicenza.htm>