

# Tolleranza umana per l'ozono

## Ozono ed umani

L'ozono è un gas tossico, dopo l'inalazione può causare malattie se inalato in quantità sufficiente.

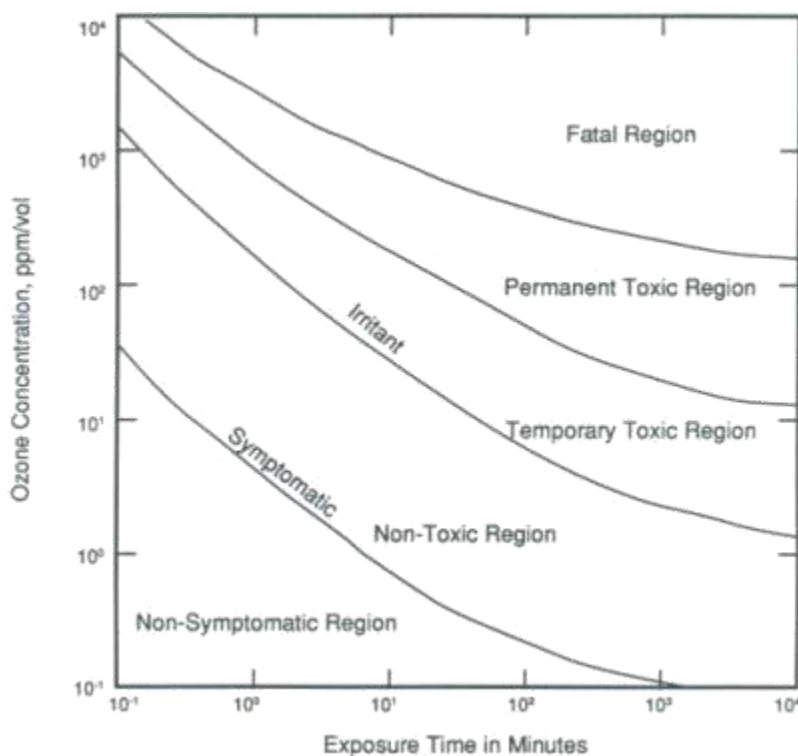
Gli esseri umani possono sopportare un'esposizione limitata di ozono, possono verificarsi sintomi come secchezza della bocca e della gola, tosse, mal di testa e restrizione al torace e vicino ai limiti letali, seguiranno problemi più acuti a una concentrazione più elevata. Limits

\* 0,06 PPM per 8 ore al giorno, 5 giorni a settimana (PPM = parti per milione)

\* 0,3 PPM per un massimo di 15 minuti

Questi limiti sono una concentrazione massima accettabile (CMA), queste concentrazioni sono molto più elevate della soglia olfattiva alla quale si può annusare l'ozono.

Il diagramma seguente fornisce informazioni sui tempi di esposizione a diversa concentrazione e le loro influenze sull'uomo.



## Sicurezza

Tutti i generatori di ozono dovrebbero essere dotati di monitor dell'ozono e di un sistema di sicurezza che spenga il generatore a 0,3 PPM. La cosa migliore è anche impostare un allarme a 0,1 PPM in modo che le persone possano intervenire in tempo.

# Tossicologia dell'ozono

In concentrazioni più elevate, l'ozono può causare effetti sulla salute dopo l'inalazione.

Seguono spesso sintomi come irritazione delle mucose e mal di testa.

Questi sintomi possono manifestarsi anche durante episodi di smog fotochimico.

Concentrazioni più elevate (> 50 ppm) ed esposizione a lungo termine (> 30 min) possono essere fatali. Tuttavia, rimanere in una stanza con questo tipo di concentrazioni è quasi impossibile.

Gli effetti a lungo termine dell'esposizione all'ozono non sono completamente noti, ma bisogna considerare una riduzione della capacità polmonare e aumento delle malattie polmonari.

Per prevenire i suddetti rischi per la salute, è stata stabilita una quantità massima di ozono per le aree in cui si utilizza ozono.

Questa è la cosiddetta concentrazione massima ammessa, o valore CMA.

Questo valore descrive la concentrazione massima di una sostanza alla quale un essere umano può essere esposto per un determinato periodo di tempo.

Per una normale settimana lavorativa di cinque giorni, otto ore al giorno, l'ozono ha un valore CMA di 0,06 ppm (parti per milione o mg/L). Per 15 minuti, il valore CMA è 0,3 ppm.

L'ozono può essere misurato in ppm o ppb (parti per miliardo o  $\mu\text{g} / \text{L}$ ), secondo vari principi.

Con queste misurazioni, è possibile monitorare la concentrazione di ozono desiderata in un sistema.

Quando i valori CMA vengono incrociati vicino al generatore di ozono, viene emesso un allarme.

L'ozono ha un odore molto caratteristico, che fa notare rapidamente la violazione del valore CMA.

La soglia del profumo dell'ozono è di circa 0,02 ppm.

# Decomposizione dell'ozono

Quando l'ozono è prodotto decade velocemente poiché si tratta di un composto instabile con un tempo di dimezzamento relativamente corto

Il tempo di dimezzamento dell'ozono in acqua è molto più breve che in aria (si veda tabella 1).

L'ozono decade in acqua in condizioni di acqua potabile (pH: 6-8.5), parzialmente in radicali OH reattivi.

Quindi, la valutazione di un processo a base di ozono coinvolge sempre la reazione di due specie: ozono e radicali OH.

Quando questi radicali OH sono particelle dominanti nella soluzione, si parla di processo di ossidazione avanzata (POA).

Il dimezzamento dell'ozono in radicali OH in acque naturali è caratterizzato da una iniziale diminuzione rapida dell'ozono, seguita da una seconda fase in cui l'ozono diminuisce tramite cinetica di primo ordine.

A seconda della qualità dell'acqua, il tempo di dimezzamento dell'ozono va da secondi ad ore.

Fattori che influenzano la decomposizione dell'ozono in acqua sono temperatura, pH, ambiente e concentrazione di materiale dissolto e di luce UV.

I principali fattori che influenzano la decomposizione dell'ozono sono discussi qui di seguito.

## Fattori di influenza

### 1. *Temperatura*

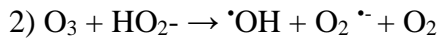
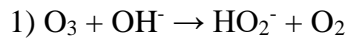
La temperatura ha un'influenza importante sul tempo di dimezzamento dell'ozono. La tabella 1 mostra il tempo di dimezzamento dell'ozono in aria ed acqua. In acqua il tempo di dimezzamento dell'ozono è molto più breve che in aria, in altre parole l'ozono si decompone più velocemente in acqua. La solubilità di ozono diminuisce a temperature più elevate ed è meno stabile. D'altra parte, la velocità di reazione aumenta con un fattore 2 o 3 ogni 10 °C [5,6]. Principalmente l'ozono dissolto in acqua non può essere applicato a temperatura superiore a 40 °C, perché a questa temperatura il tempo di dimezzamento dell'ozono è molto breve.

Tabella 1: Tempo di dimezzamento dell'ozono in aria e acqua a diverse temperature

Aria		Acqua (pH 7)	
Temp (°C)	Dimezzamento	Temp (°C)	Dimezzamento
-50	3 mesi	15	30 minuti
-35	18 giorni	20	20 minuti
-25	8 giorni	25	15 minuti
20	3 giorni	30	12 minuti
120	1,5 ore	35	8 minuti
250	1,5 secondi		

## 2. pH

Come detto precedentemente, l'ozono si decompone parzialmente in radicali OH. Quando il pH aumenta, la formazione di radicali OH aumenta. In una soluzione con pH elevato, ci sono più ioni idrossido presenti (si vedano le formule qui sotto). Tali ioni idrossido fungono da attivatori per il deperimento dell'ozono:



I radicali che sono prodotti durante la reazione 2 possono introdurre altre reazioni con l'ozono, provocando la formazione di più radicali OH.

In aggiunta il pH influenza gli equilibri acido/base di alcuni composti ed anche la velocità di reazione dell'ozono.

La figura 1 mostra che il dimezzamento dell'ozono in ambiente basico è molto più elevato che in ambiente acido.

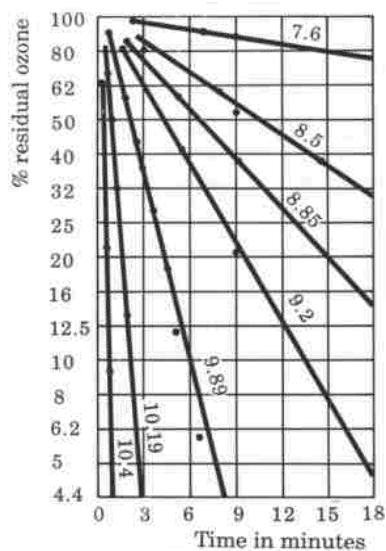


Figura 1: Effetto del pH sul decadimento dell'ozono ( $T = 15^\circ\text{C}$ )

### 3. Concentrazione di solidi dissolti

L'ozono dissolto può reagire con una varietà di materia, come composti organici, virus, batteri, ecc. Di conseguenza, l'ozono si decompone in altra materia (si veda figura 2).

Questa figura illustra che il tempo di dimezzamento dell'ozono in acqua distillata è molto più breve rispetto all'acqua di rubinetto.

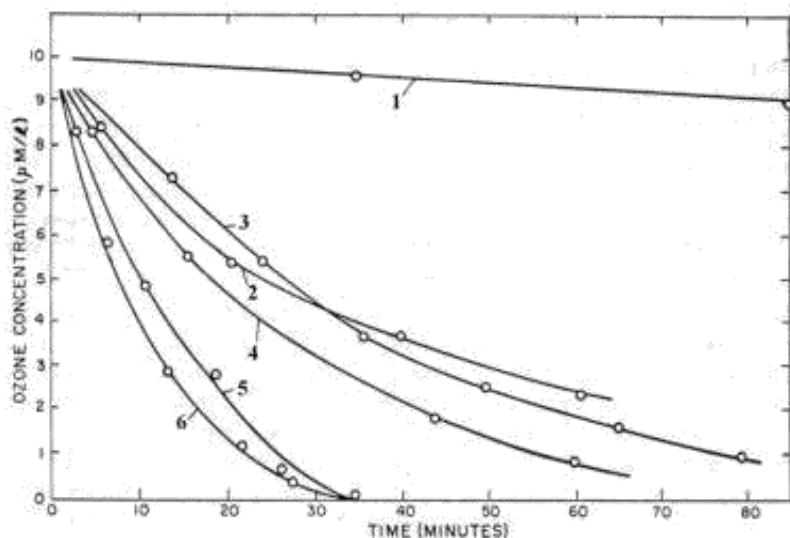
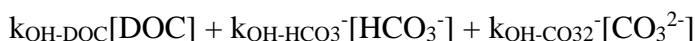


Figura 2: Decomposizione dell'ozono in diversi tipi di acqua a 20 °C. 1 = acqua doppiamente distillata; 2 = acqua distillata; 3 = acqua di rubinetto; 4 = acqua reflua a bassa durezza; 5 = acqua filtrata dal lago di Zurigo (Svizzera); 6 = acqua filtrata dal Bodensee (Svizzera)

L'ozono si decompone in acqua nei radicali OH. A seconda della natura della materia disciolta, possono accelerare (reazione a catena) o rallentare il decadimento dell'ozono. Le sostanze che accelerano questa reazione sono chiamate promotori. Gli inibitori sono sostanze che rallentano la reazione.

Quando l'acqua è ozonizzata, si usa spesso il termine "capacità di lavaggio". Gli scavenger sono entità che reagiscono con i radicali OH e rallentano la reazione a catena. La "capacità di lavaggio" può essere definita come segue:



### 4. Carbonate and bicarbonate

Gli scavengers rallentano la reazione a catena. Questo perché dopo la reazione degli scavengers con i radicali OH, i prodotti di reazione non reagiscono più con l'ozono. Il carbonato è uno scavenger con un forte effetto. L'aggiunta di carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) può aumentare l'emivita dell'ozono. L'effetto sulla velocità di reazione è massimo a basse concentrazioni. Oltre 2 mmol-1 per l'ozonizzazione e 3 mmol l-1 per il processo di ossidazione avanzato (AOP), la diminuzione della velocità di reazione è trascurabile.

Quando una soluzione subisce principalmente reazioni indirette (con radicali OH), ad esempio in una soluzione con un alto valore di pH o un processo AOP, la presenza di scavenger è indesiderata. Gli scavengers reagiscono molto rapidamente con i radicali OH e riducono la capacità di ossidazione. Per questo tipo di processi è richiesta una bassa capacità di evacuazione.

Gli ioni carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) sono uno scavenger molto più forte degli ioni bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) (velocità di reazione  $\text{CO}_3^{2-}$ :  $k = 4,2 \cdot 10^8 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  e velocità di reazione  $\text{HCO}_3^-$ :  $k = 1,5 \cdot 10^7 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ ). Ecco perché in un processo di ozono in condizioni di acqua potabile, la concentrazione di bicarbonato è meno importante.

La Figura 3 illustra la relazione tra rapporto carbonato, rapporto bicarbonato e pH.

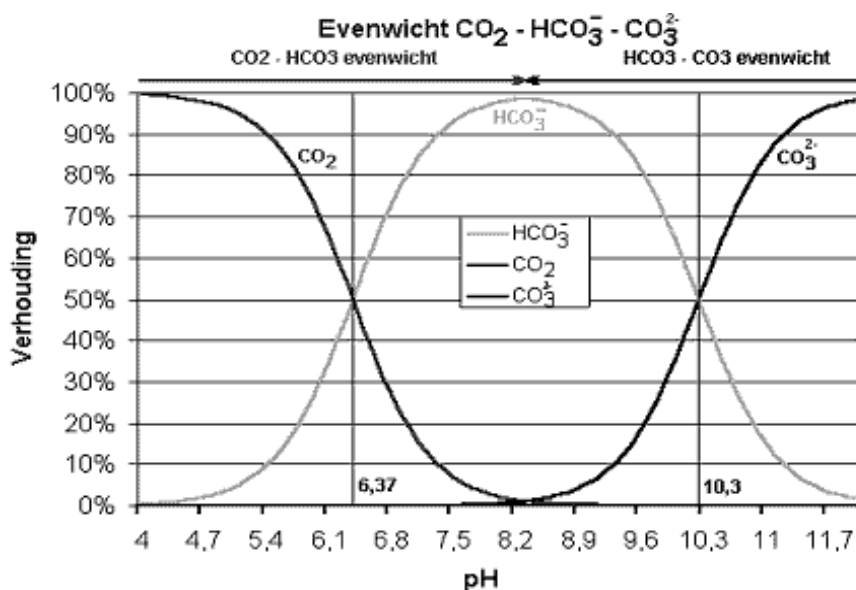


Figura 3: equilibrio carbonato, bicarbonato e anidride carbonica

### 5. Materiale organico naturale

Il materiale organico naturale (MON) esiste in ogni tipo di acqua naturale ed è spesso misurato come carbonio organico disciolto (COD). MON riduce la qualità dell'acqua per quanto riguarda il colore e l'odore. L'ozono può essere utilizzato nel trattamento delle acque, per la riduzione della concentrazione di MON. La concentrazione di MON nelle acque naturali può variare da 0,2 - 10 mg l<sup>-1</sup>. L'influenza di MON sull'ozono è duplice. A seconda del tipo di MON, può essere ossidato direttamente da MON. È il caso dei composti che reagiscono facilmente con l'ozono, come doppi legami, composti aromatici attivati, ammine deprotonate e solfuro. D'altra parte, i radicali OH possono reagire con MON (reazione indiretta) e agire come promotore o come spazzino.

Nelle acque naturali, è difficile determinare la stabilità dell'ozono a causa dell'effetto indefinito di MON. Ciò significa che non è possibile stimare la frazione che accelera o rallenta la reazione.

Read more: <https://www.lenntech.com/library/ozone/toxicology/ozone-toxicology.htm#ixzz6Kp7jXYS9>