



## **IL DECOMMISSIONING DEI SITI CIVILI E INDUSTRIALI**

**GAS E VAPORI TOSSICI, ASFISSANTI ED ESPLOSIVI.  
I SOLVENTI ORGANICI. LE SOSTANZE CORROSIVE.  
PCB, DIOSSINE E FURANI. I GAS CLIMALTERANTI**

**INGEGNERIA CIVILE - AMBIENTALE  
A.A. 2017 - 2018**



**eRwOrx.**

Per quanto riguarda gli effetti sulla salute dell'uomo, la principale preoccupazione deve riguardare eventuali esposizioni di tipo acuto (ossia di elevate dosi veicolate all'interno dell'organismo umano nell'arco di pochi minuti o al massimo di poche ore) in quanto è escluso che, considerata la durata tipica di un progetto di decommissioning, possano essere di pregiudizio esposizioni di tipo cronico ossia di esposizione a basse dosi per un periodo lunghissimo (tipicamente di anni o più frequentemente di decine di anni)



Le sostanze chimiche, naturali o di sintesi, oggi conosciute ammontano a diversi milioni di cui almeno 100.000 di uso corrente nelle varie industrie: per dare un'idea ci sono in circolazione oltre 5.000 differenti principi attivi utilizzati nell'industria farmaceutica, almeno 2.000 additivi utilizzati nell'industria alimentare e almeno 1.500 principi attivi impiegati come pesticidi.



Alcune delle sostanze frequentemente rintracciabili nei processi produttivi dell'industria chimica, petrolchimica, manifatturiera, ma anche alimentare sono particolarmente temibili; molte posseggono una instabilità che le rende soggette a più di una modalità reattiva.



Per quanto riguarda la tossicità nei confronti dell'uomo occorre considerare diversi fattori contribuenti: tra le principali si annoverano le caratteristiche chimico-fisiche, la biodegradabilità, la dose, la modalità e la durata di esposizione e, non in ultimo, fattori genetici, età e stato generale di salute dell'individuo.



Vi sono molti metodi per valutare la relazione “esposizione/dose-effetto”, ma in relazione al contesto in oggetto il metodo più prudente è quello di effettuare misurazioni ambientali e porsi l’obiettivo di ridurre, attraverso la bonifica ambientale, le sostanze nocive a concentrazioni al di sotto del valore del TLV-TWA o al limite del TLV-STEL. Più difficile regularsi per quanto riguarda le sostanze potenzialmente cancerogene la cui concentrazione prudente è di fatto pari a zero; occorre tenere sempre presente che molte sostanze tossiche sono anche esplosive.



L'esposizione acuta a molte sostanze tossiche o asfissianti sebbene non necessariamente provochi un esito letale diretto e immediato deve essere sempre attentamente valutata e scongiurata poiché potrebbe provocare effetti quali giramenti di testa, convulsioni, annebbiamento della vista, perdita di coscienza, svenimenti improvvisi che, indirettamente (per caduta nel vuoto, annegamento, ecc.), potrebbero comunque comportare infortuni gravi e mortali.



Ci sono sostanze diffusissime nell'industria quale ad esempio l'**ossido di etilene** (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) – uno dei composti capostipite più utilizzati al mondo – altamente pericolosi.

Si tratta di un gas tossico e inoltre può decomporsi, isomerizzare o polimerizzare formando miscele esplodibili; l'esplosività dei vapori, al contrario della maggioranza delle sostanze chimiche, si manifesta anche allo stato puro (cioè anche in assenza di un agente ossidante quale l'aria) e, particolare non trascurabile, reagisce violentemente con l'acqua.





Se l'ossido di etilene viene percepito come una sostanza poco familiare e quindi potenzialmente pericolosa, vi sono però anche sostanze di uso comune e apparentemente innocue (spesso è il loro nome comune che trae in inganno) che nascondono parecchie insidie.



Una di queste è l'acqua ossigenata ( $H_2O_2$ ), una presenza abituale nell'armadietto dei medicinali di casa, ma impiegata anche in numerosi processi dell'industria: si tratta di un composto fortemente reattivo (è un forte ossidante) nel momento in cui viene accidentalmente a contatto con una ampia famiglia di sostanze organiche.



L'acqua ossigenata è stata fatta reagire probabilmente con del pepe nero e fatta detonare con acetone per uso cosmetico nell'attacco terroristico che il 7 luglio 2005 ha causato 52 vittime a Londra



Altrettanto reattivi, per quanto di impiego comune, sono i fertilizzanti azotati che chiunque può facilmente acquistare al supermercato in forma diluita: i sali di nitrato d'ammonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) che sono alla base della fabbricazione di molti fertilizzanti (ma, ad esempio, anche del ghiaccio secco per uso medico e sportivo), possono dare luogo, in certe condizioni, a violente reazioni tant'è che sono comunemente utilizzati per la fabbricazione di alcuni tipi di esplosivi a bassa emissione di calore tra i quali quelli per uso civile e di miniera.



La facile reperibilità e la relativa sicurezza di manipolazione ha purtroppo reso il nitrato d'ammonio il componente preferito per fabbricare esplosivo per uso terroristico.

Queste caratteristiche di «sicurezza» nella manipolazione del prodotto non devono però trarre in inganno: ad essi vanno ascritti alcuni spaventosi incidenti industriali quale, ad esempio, quello avvenuto nel 1947 nel porto di Texas City che costò la vita a quasi 600 persone.



Ma pensiamo anche a sostanze ancora più familiari quali lo zucchero, la farina o il caffè, certamente non tossiche, ma altamente esplosive in particolari condizioni di dispersione nell'ambiente.



In generale, negli impianti produttivi dismessi, è da escludere la possibilità di esplosioni determinate da anomalie termodinamiche (superamento dei valori della temperatura e della pressione di processo), ma non si può escludere che avvengano impreviste reazioni chimiche, tra sostanze termodinamicamente instabili (ad esempio decomposizioni, polimerizzazioni o reazioni piroforiche).



# ACETILENE (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)





Si tratta di un gas appartenente alla serie degli alchini, leggermente più leggero dell'aria (ha una densità relativa pari a 0,90 rispetto all'aria), non tossico, leggermente narcotico a basse concentrazioni fino a divenire asfissiante a concentrazioni più elevate.

Allo stato libero è soggetto a decomposizione esotermica (esplosiva) anche in assenza di aria; a causa di questa sua instabilità necessità di attenzioni superiori a quelle necessarie per la manipolazione di molti altri gas di uso comune.

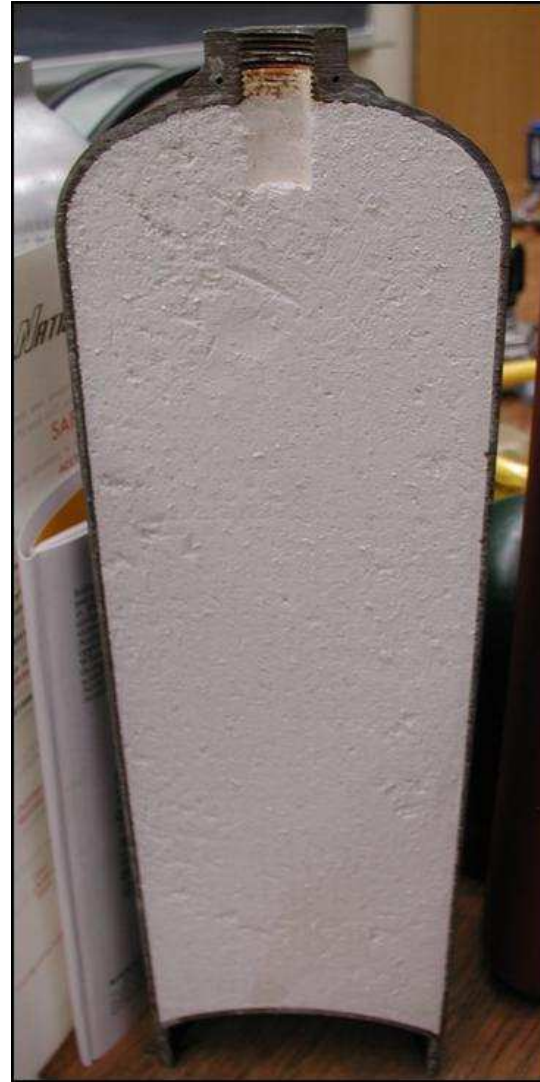


La presenza in aria è percepibile, oltre certe concentrazioni, grazie al caratteristico - e non particolarmente gradevole – odore agliaceo, classicamente definito anche come etereo e dolciastro.

Al fine di ridurre drasticamente la naturale instabilità chimica viene stoccato e distribuito in recipienti cilindrici disciolto in acetone (più raramente in dimetilformammide) e stabilizzato all'interno di una massa porosa ad una pressione massima di 15 – 20 bar.



La massa porosa è generalmente inerte e non tossica essendo costituita, a seconda del produttore da silicati, farina fossile, cemento portland; in alcuni paesi sono ancora in circolazione bombole la cui massa porosa è realizzata con cascami vegetali, balsa o amianto.



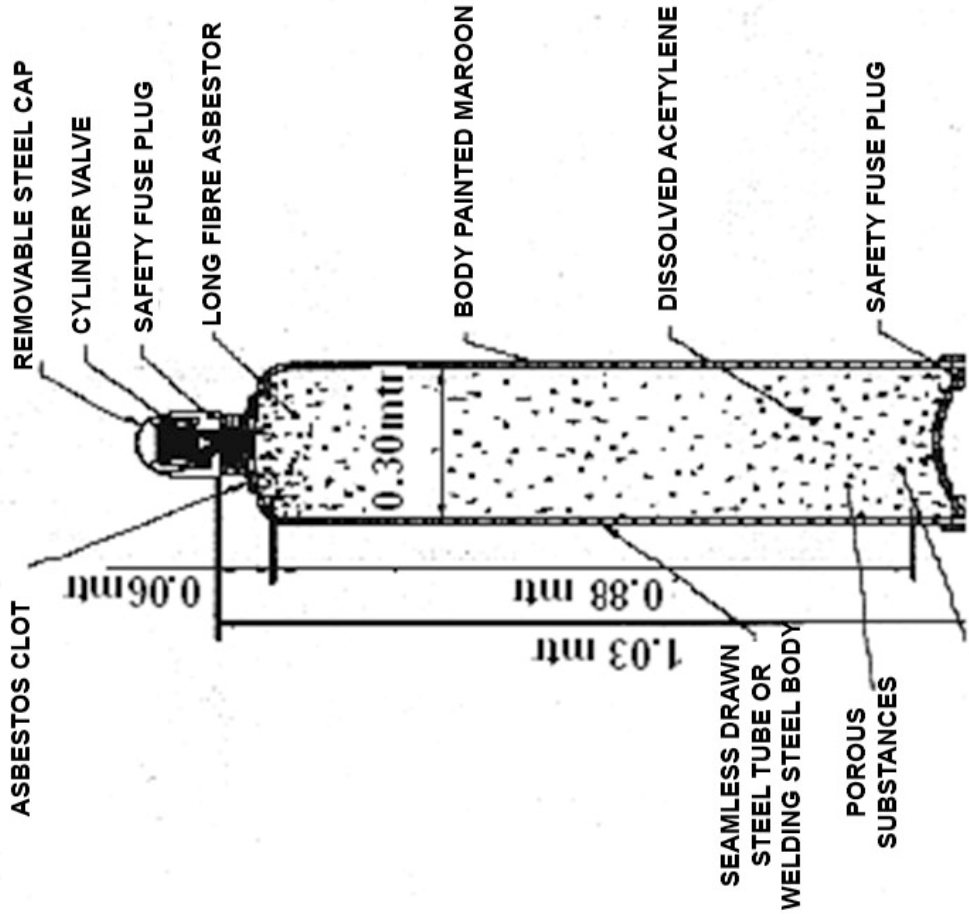
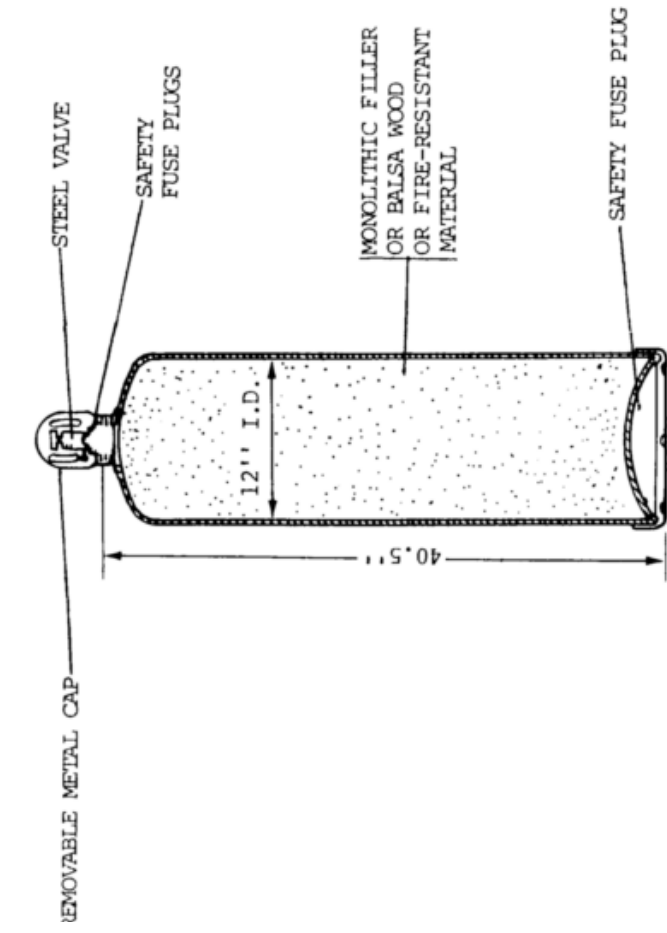


Figure 5-6. Acetylene cylinder construction.



Il range di infiammabilità in aria estremamente ampio, (varia all'incirca tra il 2% e l'82%), viene spesso considerato per motivi di sicurezza esteso al 100% (atmosfera anaerobica) proprio in ragione dell'elevata reattività spontanea posseduta anche in assenza di un comburente. Non trattandosi di sostanza tossica, ma solo asfissiante non è definito un TLV.

La particolare attenzione che va riservata all'acetilene nelle fasi di decommissioning è dovuta alla sua elevata diffusione come gas tecnico impiegato negli impianti ossigas portatili pressochè insostituibili nelle attività di manutenzione e riparazione industriale per la enorme flessibilità di impiego in attività di saldatura, piegatura, preriscaldamento, sbloccaggio, taglio, ecc degli acciai e delle leghe metalliche anche per la mancanza di necessità di una fonte di alimentazione elettrica.



Non di rado le bombole di acetilene abbandonate da tempo presentano mantello e rubinetteria fortemente degradate dalla ruggine; in questo caso è opportuno rivolgersi a tecnici esperti nella manipolazione di questo tipo di gas.



# GPL (PROPANO – BUTANO – MAPP – ALTRE MISCELE – ECC.)



Con la denominazione generica di GPL si intende commercialmente una famiglia di miscele di idrocarburi saturi (motivo per il quale non possono reagire tra loro) accomunati dalla caratteristica di poter essere facilmente liquefatti se sottoposti ad una modesta pressione (tra i 4 e gli 8 bar a seconda della volatilità della miscela) e quindi facilmente stoccabili e trasportabili in bombole con un notevole vantaggio in termini di riduzione dei volumi in gioco a parità di potere calorifico.





Si tratta di gas naturalmente inodori, insapori, incolori, non tossici, lievemente narcotizzanti poi odorizzati, ai fini della sicurezza nella manipolazione, con l'aggiunta di piccole quantità di mercaptani.

Le più diffuse miscele sono composte da propano e butano in diverse percentuali e con eventuale aggiunta di altri gas di sintesi prodotti dalla distillazione del metano o del petrolio (più raramente del carbone) a seconda del paese di produzione e dell'impiego a cui sono destinati oltre ad una serie di miscele commerciali di varia denominazione e composizione.



Il generico acronimo che li contraddistingue (GPL) equivalente all'acronimo in lingua inglese LPG (Liquefied Petroleum Gas) non è peraltro l'unico appellativo di questi gas: ad esempio in alcuni paesi sono frequenti le denominazioni Automix LPG o Autogas in riferimento alla frequente utilizzazione nel settore dell'autotrazione.



Altre miscele di gas liquefatti relativamente diffuse in molte parti del mondo sono caratterizzate da altre denominazioni commerciali quali MAPP™ (un marchio commerciale di proprietà della Dow Chemical che identifica una miscela di metilacetilene e propadiene); è reperibile pressoché in tutte le parti del mondo, spesso anche in località remote eventualmente con il marchio RazorGas™ o con altre denominazioni commerciali.



Altre miscele commerciali diffuse a livello mondiale sono ad esempio Starflame™ Flamal™, Chemtane™ e MAP/Pro™ prive di propadiene, un prodotto di base sempre più indirizzato verso l'industria delle materie plastiche dove spesso va a sostituire il butadiene (oggi riconosciuto cancerogeno per l'uomo).

Tutte queste miscele di gas possiedono il classico sgradevole odore agliaceo generato dall'aggiunta - per motivi di sicurezza - di piccole percentuali di mercaptani percepibile già a concentrazioni di 100 ppm equivalenti a 1/340 della concentrazione in aria a cui la miscela diviene infiammabile (LEL).



Qualsiasi sia la formulazione della miscela si tratta di gas facilmente infiammabili e con una densità molto più elevata di quella dell'aria caratteristica che ne facilita una stratificazione verso il basso dove in caso di aperture o vani nel suolo tendono ad accumularsi e a permanere per un tempo indefinito.



La tossicità delle miscele di GPL è spesso classificata “nulla” o “molto leggera” ma, come per altri gas che non posseggono caratteristiche tossico-cinetiche particolarmente preoccupanti, concentrazioni oltre i 5000 ppm (0,5% in aria) provocano un effetto narcotizzante. Il contatto con la pelle e gli occhi non costituisce generalmente un problema grave, tranne nei casi di contatto con il liquido che a causa del violento raffreddamento all’atto della vaporizzazione può provocare ustioni da freddo.



I GPL sono gas estremamente stabili e quindi sono rare le esplosioni anche nel caso che una bombola contenete gas liquefatto subisca urti, schiacciamenti o rotture. Va tuttavia posta attenzione a tutte le bombole ammalorate e riverse dalle quali potrebbe essere uscito il liquido poi vaporizzato e insinuatosi in qualche apertura sotto al piano di camminamento.



**AZOTO (N<sub>2</sub>)**





Si tratta di un gas inerte (o meglio, chimicamente inattivo) incolore, inodore, non infiammabile, non reattivo, di per sé non tossico, ma tendenzialmente asfissiante quando la sua presenza in aria oltrepassa il valore abituale (circa il 78%). Viene spesso utilizzato nei processi di inertizzazione e per questo lo si può ritrovare in atmosfera in percentuali superiori a quella naturale se non viene correttamente rimosso mediante opportuna ventilazione, una volta terminata la procedura di inertizzazione; per garantire una concentrazione di ossigeno di sicurezza (almeno il 17%), la concentrazione di azoto deve essere di conseguenza inferiore all'82%.



L'azoto a temperatura ambiente possiede un peso specifico ( $1,15 \text{ kg/m}^3$ ) circa uguale a quello dell'aria ( $1,16 \text{ kg/m}^3$ ) e quindi un  $\text{vap}_d$  pari a circa 0,98 per cui non mostra tendenza a precipitare verso il basso, né a sfuggire verso l'alto; l'unico movimento dell'azoto all'interno di un ambiente confinato può essere generato da correnti d'aria; diverso il caso della dispersione in ambiente di azoto liquido che possedendo un peso superiore a quello dell'aria tende a stratificare (finché non raggiunge la temperatura ambiente) in prossimità del fondo del vano.



L'azoto può causare irritazione agli occhi e alle mucose delle vie respiratorie anche in percentuali di poco superiori al 78% in aria. L'esposizione acuta può provocare un immediato affaticamento, cianosi, tosse, respiro affannoso, mal di testa, febbre, nausea, vomito; in alta concentrazione può causare asfissia: i sintomi possono includere perdita di mobilità e/o coscienza, fino al sopraggiungere del collasso e alla morte in tempi brevi.

TLV-TWA: n.d.



# ANIDRIDE CARBONICA (CO<sub>2</sub>)



Si tratta di un gas spesso generato nei processi di combustione, soprattutto in presenza di atmosfera ricca di  $O_2$ . E' utilizzato come gas inattivo di protezione in molti processi industriali e, spesso, come gas estinguente proprio in ambienti confinati.

E' incolore e inodore e viene tipicamente considerato un asfissiante. La densità rispetto all'aria ( $\text{vap}_d$ ) pari a 1,52 tende a farlo ristagnare verso il basso. Un'atmosfera ricca di  $CO_2$ , seppur ancora respirabile, può essere riconosciuta perché questo gas provoca irritazione al naso e alla gola ed un sapore acidulo in bocca.



La CO<sub>2</sub> può facilmente essere assorbita per via inalatoria e possiede la caratteristica di provocare un'accelerazione del ritmo respiratorio; in concentrazioni del 3% in aria ne provoca addirittura il raddoppio della frequenza, facilitando l'immissione di altre sostanze tossiche nell'organismo; una concentrazione di anidride carbonica del 5% in aria rende l'atmosfera irrespirabile per periodi lunghi, mentre una concentrazione doppia può risultare addirittura letale.

TLV-TWA: 5000 ppm.



# Colorazione dell'ogiva delle bombole per l'identificazione dei gas tecnici

TIPO DI GAS	VECCHIA COLORAZIONE	NUOVA COLORAZIONE
acetilene C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	 arancione	 marrone rossiccio
ammoniaca NH <sub>3</sub>	 verde	 giallo
argon Ar	 amaranto	 verde scuro
azoto N <sub>2</sub>	 nero	 nero
biossido di carbonio CO <sub>2</sub>	 grigio chiaro	 grigio
cloro Cl <sub>2</sub>	 giallo	 giallo
elio He	 marrone	 marrone
idrogeno H <sub>2</sub>	 rosso	 rosso
ossigeno O <sub>2</sub>	 bianco	 bianco
protossido d'azoto N <sub>2</sub> O	 blu	 blu



 **CAUTION**

**DO NOT DISPOSE OF OLD GAS  
BOTTLES IN GENERAL WASTE  
OR METAL RECYCLING BINS**





# IDROGENO SOLFORATO (H<sub>2</sub>S)



L'idrogeno solforato è responsabile di un gran numero di infortuni mortali che si verificano all'interno degli ambienti confinati.

L' $H_2S$  è un gas tipico di diverse attività produttive, quale ad esempio l'attività di estrazione petrolifera in cui lo si ritrova spesso presente nei giacimenti di olio; in questi casi può fuoriuscire attraverso le teste pozzo o attraverso altre parti degli impianti di estrazione; è però possibile incorrere nell' $H_2S$  anche in prossimità di impianti di trasporto, pre-trattamento e stoccaggio di idrocarburi.



E' anche potenzialmente presente in tutti i processi di decomposizione e trasformazione anaerobica di sostanze organiche. Tra le possibili fonti di emissione di  $H_2S$  in atmosfera possono essere citate cartiere, impianti di trattamento dei rifiuti urbani, impianti fognari, allevamenti e industrie manifatturiere, nonché processi naturali quali emissioni vulcaniche e processi di fermentazione.



L'idrogeno solforato si produce anche in tutti quegli incendi, che si sviluppano in carenza di ossigeno, in cui sono presenti materiali combustibili ricchi di zolfo. A temperatura ambiente e a concentrazioni relativamente basse, l'idrogeno solforato è riconoscibile per il caratteristico odore di uova marce, ma tale percezione può scomparire molto rapidamente (o non manifestarsi affatto) a causa della desensibilizzazione delle cellule olfattive.



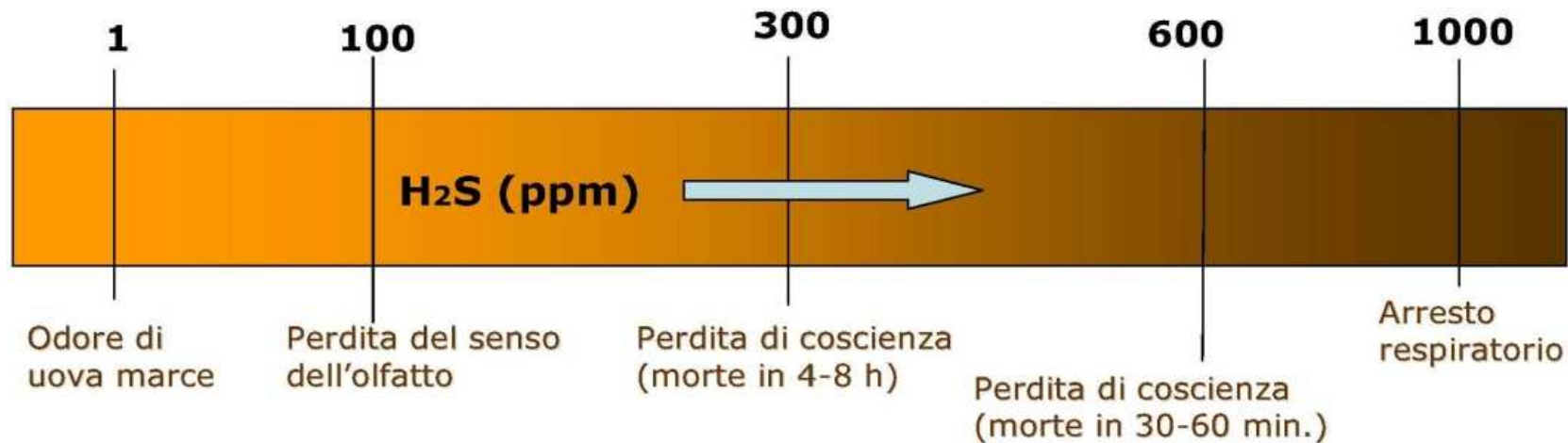
Il 50% della popolazione è in grado di riconoscere l'odore dell' $\text{H}_2\text{S}$  già a concentrazioni di 8 ppb (parti per miliardo), mentre almeno il 90% lo riconosce a concentrazioni di 50 ppb.

L' $\text{H}_2\text{S}$  diventa però inodore a concentrazioni superiori a 100 ppm (parti per milione) poiché a queste concentrazioni tende a paralizzare completamente il senso dell'olfatto.

Questo effetto desensibilizzante rappresenta uno degli aspetti più insidiosi perché alle concentrazioni più alte e, potenzialmente letali, la sostanza non è in nessun caso percettibile ai nostri sensi.



Nella tabella sottostante si riportano i principali effetti dell' $\text{H}_2\text{S}$  in relazione a varie concentrazioni in aria come riportati dalle diverse Organizzazioni governative americane (ATSDR, CDC, NIOSH).



La tossicità dell'idrogeno solforato è paragonabile a quella del cianuro; in concentrazioni superiori allo 0,1% diviene molto tossico provocando la comparsa di sintomi che vanno dall'iniziale affanno al successivo blocco della respirazione.

Possedendo un peso specifico leggermente superiore a quello dell'aria ( $V_{ap_d} = 1,17$ ), questo gas mostra la tendenza a precipitare al suolo, ma con tendenza a risalire se veicolato da correnti d'aria; caratteristico anche l'addensamento in sacche.



Si tratta inoltre di un gas infiammabile che brucia spontaneamente con una fiamma bluastra a temperature superiori ai 260 °C e a concentrazioni superiori al 4% in aria.

Pur essendo l'inalazione la principale via di assorbimento e di intossicazione per l'organismo umano, anche il contatto cutaneo può provocare conseguenze dannose: è stato mostrato come l'H<sub>2</sub>S ritardi la naturale azione di rimarginamento delle ferite alla pelle e provochi irritazioni e pruriti cutanei.





Esposizioni fra le 100 e le 150 ppm di H<sub>2</sub>S causano inoltre infiammazione alla cornea e alla congiuntiva, irritazione agli occhi e lacrimazione. Tra gli effetti non letali derivanti da un'esposizione a concentrazioni crescenti, sono citati danni di natura neurologica e polmonare.



Tra i più diffusi sintomi dell'esposizione ad  $H_2S$  si annoverano vertigini, svenimenti, confusione mentale, mal di testa, sonnolenza, tremori, nausea, vomito, convulsioni, pupille dilatate, problemi cognitivi e di concentrazione, perdita di conoscenza.

Fra i danni di natura polmonare, i sintomi ricorrenti sono edema polmonare, rigurgiti di sangue, tosse, dolori al petto, difficoltà di respirazione.

A concentrazioni via via più elevate si giunge alla cessazione del respiro e al decesso.

TLV-TWA: 1 ppm.



# MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)



Il monossido di carbonio è un gas tossico, incolore e inodore, altamente infiammabile, spesso presente in grandi quantità negli incendi a combustione lenta tipici degli ambienti confinati scarsamente ventilati. La presenza di CO può anche derivare dalla accidentale immissione in ambiente confinato dei fumi di scarico provenienti dalla combustione di motori endotermici.



L'azione tossica del CO è veicolata dall'inalazione per via polmonare alla quale fa seguito un rapido assorbimento da parte del sangue al quale si lega in virtù dell'elevata affinità che questo composto possiede nei confronti dell'emoglobina.

I primi sintomi sono costituiti da cefalea, vertigini, nausea, vomito, palpitazioni, tremori muscolari, difficoltà di respirazione ed esiti mortali a seconda delle concentrazioni in aria.



Da un punto di vista teorico, una concentrazione dello 0,05% per 3 ore o una concentrazione dello 0,15% per 1 ora può essere mortale, mentre una concentrazione dello 0,4% risulta generalmente fatale in meno di 1 ora.

L'esposizione ad una concentrazione dell'1,3% produce incoscienza quasi istantaneamente e il decesso dopo pochi minuti.

Nel caso di un incendio reale, sommando gli effetti di stress, panico e irraggiamento termico, i tempi di esposizione massima ammissibile ad una concentrazione dello 0,05% (500 ppm) di CO sono ridotti a pochi minuti.

La densità pari a  $1,145 \text{ kg/m}^3$ , circa uguale a quella dell'aria, ne comporta una distribuzione tendenzialmente omogenea all'interno dell'ambiente in cui si accumula. (TLV-TWA: 25 ppm).



# BIOSSIDO DI ZOLFO o ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)



L'anidride solforosa è un gas incolore, non infiammabile e di odore pungente. Si forma classicamente nella combustione di materiali che contengono zolfo, quando questa avviene in eccesso di aria anche se, generalmente, la quantità prodotta è modesta.

Concentrazioni nell'ordine dello 0,05% sono, però, da considerarsi pericolose anche per esposizioni di breve durata.





Si tratta di un composto fortemente irritante che viene assorbito prevalentemente per inalazione; l'azione irritante è dovuta alla trasformazione in acido a contatto con l'ambiente umido delle mucose oculari, nasali e della pelle, fino a giungere all'apparato respiratorio dove può provocare broncocostrizione.

Nei casi più gravi, provoca difficoltà di respiro, cianosi, disturbi della coscienza e soffocamento fino alla morte del soggetto colpito. La densità ( $Vap_d$ ) pari a 2,26 volte quella dell'aria, tende a far sì che questo gas si accumuli verso il basso.

TLV-TWA: 2 ppm



# ACIDO CIANIDRICO (HCN)



Detto anche acido prussico, a temperatura ambiente si presenta come un liquido altamente volatile i cui vapori hanno un tipico odore di mandorla amara. E' un composto reattivo, infiammabile ed altamente tossico. La sua tossicità è dovuta allo ione cianuro che, combinandosi con il rame e con il ferro presenti nell'organismo, blocca la catena di trasporto degli elettroni e di conseguenza la respirazione a livello cellulare generando una grave sofferenza funzionale nei tessuti ad alto fabbisogno di ossigeno, come il cuore e il sistema nervoso centrale.



L'acido cianidrico si sviluppa in forma gassosa nella combustione incompleta, anche lenta e senza sviluppo di fiamma, di molte materie plastiche tra cui le resine acriliche, uretaniche e poliammidiche.

Le vie di penetrazione possono essere per inalazione, per ingestione attraverso il deposito sulle labbra e per assorbimento cutaneo.



I primi sintomi di intossicazione sono tipicamente costituiti da iperpnea, cefalea, arrossamento della cute, ipersalivazione, ipertensione; una esposizione, anche di breve durata a concentrazioni che superano lo 0,3% può risultare letale.

La densità rispetto all'aria ( $Vap_d$ ) pari a 0,94 ne favorisce una distribuzione tendenzialmente omogenea all'interno degli ambienti confinati.

TLV-Ceiling: 4,7 ppm

TLV-TWA: non disponibile



# AMMONIACA (NH<sub>3</sub>)



L'ammoniaca è un gas incolore, dal caratteristico odore pungente, infiammabile, reattivo con molte sostanze, irritante e tossico; viene utilizzata in molti processi della chimica di base e può venire anche prodotta, in carenza di ossigeno, durante la combustione di materiali che contengono azoto.

La maggior parte delle persone percepisce l'odore dell'ammoniaca già a concentrazioni di 25 ppm; può provocare irritazione agli occhi, al naso, alla gola e ai polmoni a concentrazioni di 50÷100 ppm.



L'esposizione per mezz'ora a concentrazioni dello  $0,25 \div 0,65\%$  (2500 6500 ppm) in aria può causare seri danni all'organismo umano fino a portare al decesso; un'esposizione prolungata a concentrazioni più basse sebbene non fatale può provocare facilmente ulcerazioni alla congiuntiva e alla cornea e, in presenza di umidità, danni alla pelle.

La densità pari a  $0,771 \text{ kg/m}^3$  ( $V_{ap_d} = 0,59$ ) rende l'ammoniaca più leggera dell'aria conferendole la spiccata tendenza a risalire verso le parti alte dell'ambiente in cui si trova.

TLV-TWA: 25 ppm





# METANO (CH<sub>4</sub>)



Il metano è presente in natura sotto forma di gas incolore, inodore, altamente infiammabile, chimicamente stabile, non tossico. Viene odorizzato artificialmente con mercaptani al fine di conferirgli il caratteristico odore agliaceo.

È un gas prodotto dalla decomposizione anaerobica di materiale organico e solitamente si trova nei giacimenti di petrolio oppure in giacimenti di gas naturale; abituale anche la sua presenza nelle miniere di carbone (eventualmente miscelato ad altri idrocarburi) dove viene chiamato “gas di miniera” o “grisù” (*fiiredamp*);



Non infrequente soprattutto in particolari aree geografiche caratterizzate da giacimenti metaniferi la presenza di questo gas nell'acqua di falda e nei pozzi artesiani ovvero in tutti quei casi in cui le acque sotterranee tendono a risalire naturalmente fino alla quota della linea piezometrica (frequentemente posta al di sopra del piano di campagna).

Generandosi facilmente in tutti i processi di decomposizione di sostanze organiche esso è una presenza abituale negli impianti di digestione anaerobica, negli allevamenti, nei depuratori e nelle discariche.



La densità del metano è pari a  $0,717 \text{ kg/m}^3$  ( $V_{ap_d} = 0,55$ ) risultando così molto più leggero dell'aria a pari temperatura; per questo motivo tende a stratificare verso l'alto. Il metano, pur non possedendo caratteristiche intrinseche di tossicità per l'uomo, è irrespirabile e può quindi causare asfissia qualora la sua concentrazione in aria riduca a valori troppo bassi il tenore di ossigeno necessario per la respirazione.

TLV-TWA: 1000 ppm



# ACIDO CLORIDRICO (HCl)



A temperatura ambiente l'acido cloridrico si presenta allo stato gassoso, incolore, caratterizzato da un odore pungente e immediatamente percepibile come irritante.

Negli impianti industriali è spesso utilizzato come composto nei processi della chimica di base e utilizzato nell'industria siderurgica per il decapaggio degli acciai; è anche un tipico prodotto della combustione di tutti quei materiali che contengono cloro quali, ad esempio, la maggioranza delle materie plastiche.



Ovunque siano presenti impianti a ciclo aperto, come ad esempio nel caso delle vasche di decapaggio, pur rilevata l'assenza di tale gas occorre prestare la massima attenzione alla corrosione e all'infragilimento degli acciai (inclusi quelli inox).

L'azione dell'acido cloridrico può rendere cavi di acciaio, tiranti e altre parti di impianto e strutture soggetti a rottura fragile soprattutto se sono stati soggetti ad esposizione catalizzata dalla luce UV solare



Allo stato gassoso l'acido cloridrico è altamente tossico per l'apparato respiratorio, provocando facilmente irritazione della mucosa bronchiale ed edema polmonare; una concentrazione dello 0,01% può risultare fatale per esposizioni che superino i 30 minuti.

La sua densità pari a  $1,639 \text{ kg/m}^3$  ( $Vap_d = 1,26$ ) ne facilita una distribuzione abbastanza omogenea all'interno degli ambienti confinati in cui si trova.

TLV-TWA: non disponibile

TLV-STEL: 2 ppm





## ACIDO NITRICO (HNO<sub>3</sub>)

L'acido nitrico si presenta come un liquido altamente caustico e corrosivo avente punto di ebollizione a 83 °C; è caratterizzato da un odore acre, fuma vistosamente a temperatura ambiente a contatto con l'aria, caratteristica che lo rende riconoscibile appena si apre un recipiente che lo contiene. E' fortemente reattivo a contatto con alcoli, esteri e diversi solventi organici.



Non è infiammabile ma essendo un forte ossidante reagisce in maniera esplosiva con decine e decine di sostanze chimiche provocando facilmente forti esplosioni.

Provoca inoltre il dissolvimento di un gran numero di metalli indebolendo irrimediabilmente le strutture con le quali viene a contatto.



Come tante altre sostanze corrosive agisce in modo fortemente lesivo sui tessuti con i quali viene a contatto qualunque sia la modalità di assorbimento (per inalazione, ingestione, cutaneo, oculare); il contatto cutaneo con il liquido può provocare ustioni e necrosi di varia entità, l'inalazione dei vapori può provocare sintomi e danni di varia entità che vanno da tosse e bruciori di gola fino a edema polmonare; l'ingestione di pochi millilitri di liquido può risultare letale a seguito della perforazione dei visceri.



## CLORO (Cl<sub>2</sub>)

Il cloro è un gas di colore giallo-verdastro dal caratteristico odore pungente (percepibile molto distintamente già a concentrazioni di pochi ppm) fortemente irritante; si tratta di un gas non infiammabile, ma fortemente ossidante e reattivo nei confronti di molte sostanze (idrogeno, ammoniaca, idrocarburi, PCB, ecc.) con le quali può dare luogo a reazioni esplosive.



Si tratta di una sostanza reattiva e quindi fortemente aggressiva anche nei confronti di molti metalli (ad esempio il rame e l'alluminio) soprattutto in presenza di acqua, caratteristica che costringe, ancora una volta, ad effettuare attente verifiche sulla resistenza di strutture e impianti venuti a contatto con questo gas.



La densità del cloro rispetto all'aria ( $V_{apd}$ ) è pari a 2,5, una caratteristica che ne facilita la rapida stratificazione verso il basso e l'accumulo in pozzetti, canalizzazioni e ambienti posti sotto al livello del pavimento.



Il cloro viene diffusamente utilizzato in moltissime industrie come agente ossidante e clorurante nella produzione di una moltitudine sostanze sintetiche tra le quali vari idrocarburi clorurati, materiali plastici, pesticidi, glicole etilenico.

Viene utilizzato nella industria cartaria, tessile e alimentare come sbiancante e nella depurazione dell'acqua.



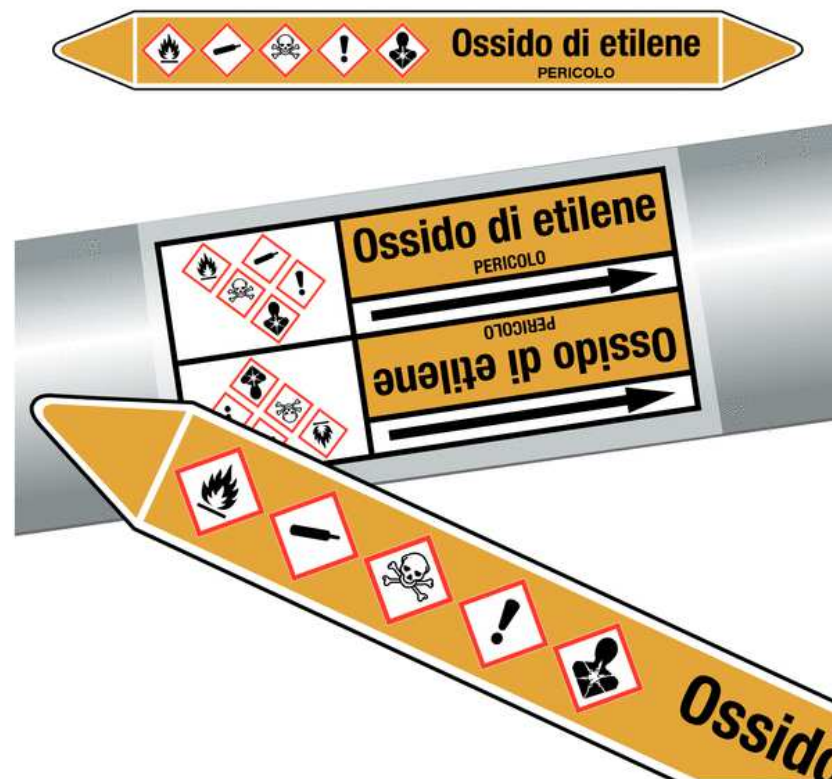
Per quanto riguarda l'organismo umano mostra una elevata aggressività nei confronti dell'apparato respiratorio dovuta ad una azione lesiva nei confronti degli alveoli; i primi sintomi di esposizione anche a basse dosi sono rappresentati da bruciore agli occhi e al naso, tosse e sensazione di soffocamento; esposizioni di pochi minuti a concentrazioni in aria di 1000 ppm possono risultare letali, ma già concentrazioni di 50 ppm sono in grado di provocare edema polmonare.





## OSSIDO DI ETILENE (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O)

A pressione e temperatura ambiente l'ossido di etilene è un gas incolore dal tipico odore dolciastro e non particolarmente gradevole; è altamente infiammabile in aria dove è sufficiente una modesta energia di innesco per provocare una esplosione in un range particolarmente esteso di infiammabilità che va dal 2,6% al 100% (atmosfera anaerobica).



Si tratta di una sostanza in grado di polimerizzare a temperatura ambiente a contatto con diverse sostanze tra cui alcuni diffusi metalli (rame, alluminio, ossidi di ferro, ecc); la reazione esotermica di polimerizzazione può dare luogo a reazioni esplosive.



L'ossido di etilene rappresenta uno dei principali precursori dell'industria chimica essendo un intermedio per la produzione di una grande quantità di materiali plastici, detergenti, solventi, resine epossidiche e fibre tessili sintetiche.

Viene inoltre utilizzato come biocida (anche in ambito sanitario) e come agente fumigante per la disinfestazione di prodotti deperibili negli impianti di stoccaggio e nelle stive delle navi.



## **ALTRE SOSTANZE PERICOLOSE.**

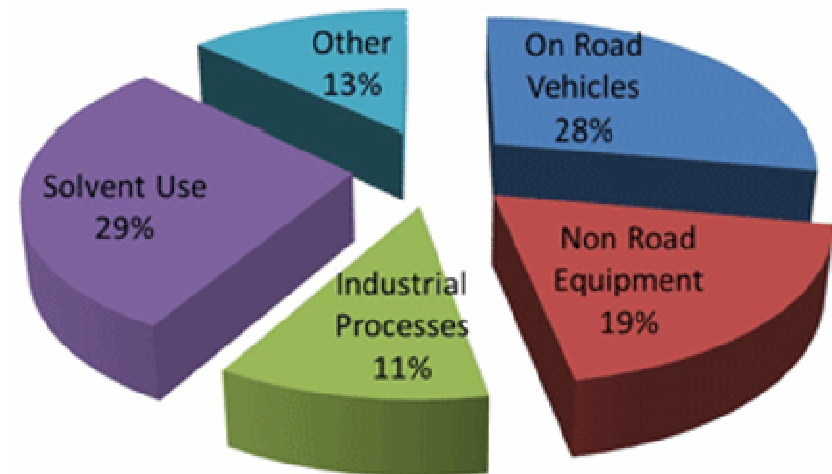
Oltre alla ricerca delle sostanze che direttamente possono risultare tossiche occorre anche prevedere quali sostanze potrebbero formarsi in ambiente aerobico come risultato di ossidazioni o per reazione con inquinanti. In ambienti non ventilati non è da escludere l'accumulo di gas pericolosi (tossici e/o infiammabili) quali fosfina ( $\text{PH}_3$ ), arsina ( $\text{AsH}_3$ ), ecc. generati come idruri di inquinanti superficiali (P, As, ecc.) di prodotti metallici (minerali, metalli da fonderia o da rottame, ecc.) ma anche dalla azione di fumiganti in caso di presenza di stoccaggi di cereali, ecc



## COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV o VOC)

Con il termine di composti organici volatili viene genericamente indicata una ampia serie di composti organici che a temperatura e pressione atmosferica si trovano allo stato vapore o, se in forma liquida, sono in grado di evaporare molto facilmente (la normativa italiana, ad esempio, definisce COV genericamente tutti quei composti organici che alla temperatura di 20°C hanno una pressione di vapore uguale o superiore a 0,01 kPa).

### Where Do VOCs Come From



Source: epa.gov



Tra i più noti si possono citare gli idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, gli aldeidi, i terpeni, gli alcoli, gli esteri e i chetoni la cui diffusione sia in ambito civile che industriale non è trascurabile; assieme al benzene universalmente - noto per la sua cancerogenicità e per appartenere anche alla classe degli IPA - il toluene e la formaldeide sono probabilmente i composti più conosciuti perché presenti spesso anche in ambiente domestico.



In generale in varie industrie e quindi anche in siti dismessi da tempo è possibile rintracciare COV originati dai seguenti composti:

- idrocarburi alifatici (es. propano, butano, esano) presenti in combustibili, detergenti e refrigeranti;
- idrocarburi alogenati (es. cloroformio, cloruro di metilene, pentaclorofenolo) presenti in refrigeranti, pesticidi e sgrassanti;
- idrocarburi aromatici (es. benzene, toluene, xilene) presenti in vernici, pitture, collanti, smalti e detergenti;
- alcoli (es. alcol etilico, alcol metilico) presenti in diluenti, vernici e detergenti;
- aldeidi (es. formaldeide, acetaldeide) presenti in isolanti, resine, fungicidi e strutture in legno truciolare.

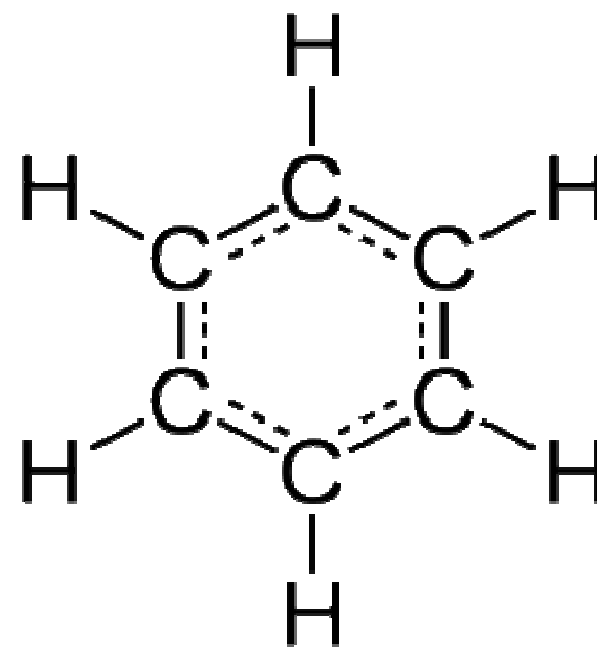


E' stato ipotizzato che l'inquinamento indoor da COV possa costituire un rischio cancerogeno soprattutto per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti inquinati e scarsamente ventilati; l'intossicazione acuta (per esposizioni di breve durata ad alte concentrazioni) può provocare una sintomatologia non specifica che può manifestarsi con irritazione agli occhi e alle vie respiratorie, mal di testa, malessere diffuso, disturbi alla vista, affaticamento, perdita di coordinamento nei movimenti, nausea e perdita della memoria.



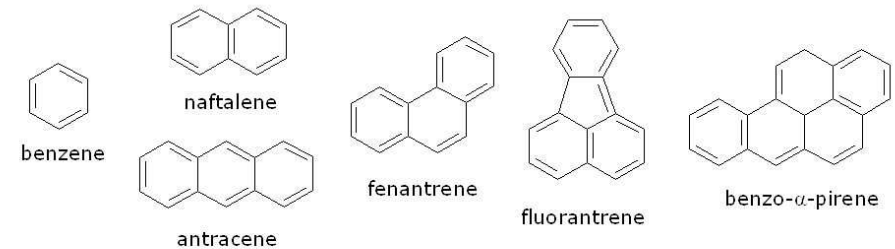


Gli idrocarburi aromatici (anche noti come areni o alchilbenzeni) sono un gruppo di composti basati su un anello esagonale benzenico (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) con doppi legami C-C disposti con spaziatura regolare nell'esagono; la delocalizzazione degli elettroni nell'anello benzenico rende questi idrocarburi estremamente stabili.



**Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** rappresentano un ampio gruppo di composti organici che traggono origine dalla fusione di più anelli benzenici; questi composti si trovano naturalmente nel carbon fossile e nel petrolio: sono quindi spesso contenuti in grande quantità in idrocarburi liquidi, catrame, bitumi, pece, creosoto, carbone, nerofumo; possono altresì venire facilmente diffusi in ambiente anche durante la combustione incompleta di legname, grassi animali, oli minerali, biomasse, ecc.

## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)



- Proprietà:
  - Bassa solubilità in acqua, lipofili.
  - Relativamente non reattivi (se non attivati)
  - Foto-attivabili



A temperatura ambiente tutti gli IPA sono allo stato solido; essi presentano un alto punto di fusione e d'ebollizione, una bassa pressione di vapore e una scarsissima solubilità in acqua; in genere la solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare del peso molecolare; gli IPA sono tuttavia solubili nella maggioranza dei solventi organici; la pressione di vapore generalmente tende a diminuire con l'aumentare del peso molecolare e questa circostanza influenza le differenti percentuali con cui i singoli IPA sono assorbiti sul particolato atmosferico. Composti a basso peso molecolare sono quasi totalmente presenti nella fase gassosa, mentre composti con 5 o più anelli sono per lo più assorbiti sul particolato atmosferico.



Tra i processi produttivi e quindi tra i siti produttivi in cui è più facile venire a contatto con materiali fortemente contaminati da IPA si possono citare:

- processi di fonderia;
- processi di produzione dell'acciaio e dell'alluminio;
- processi di produzione del coke e del gas da carbone;
- processi petrolchimici di raffinazione e trasformazione di idrocarburi;
- inceneritori di rifiuti urbani;
- centrali termoelettriche;
- processi di essiccazione e affumicatura nel settore alimentare.



## **DIOSSINE, FURANI E PCB**

L'obiettivo fissato della Convenzione Internazionale di Stoccolma del 2001 è stato quello di ridurre (laddove non sia possibile una eliminazione totale) e smaltire in modo sicuro un certo numero di sostanze divenute note come inquinanti organici persistenti o POP (Persistent Organic Pollutants). La Convenzione è stata sottoscritta da oltre 180 paesi, ma per motivi diversi ad oggi l'Italia, Israele, la Malesia e gli USA non l'hanno ancora ratificata.



I POP sono prodotti particolarmente stabili e riconosciuti come tossici sia per l'uomo che per l'ambiente; la loro principale caratteristica, oltre alla elevata tossicità, è quella di essere bioaccumulabili cioè in grado di permanere nell'ambiente e quindi di entrare e permanere nella catena alimentare, per tempi lunghissimi; a seconda della localizzazione l'emivita di queste sostanze è stimata tra i 10 e i 100 anni.



Il documento riguarda in pratica 9 prodotti chimici prevalentemente utilizzati come erbicidi e insetticidi (Aldrin, Chlordane, DDT, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, HCB, Mirex, Toxaphene) e tre classi di composti (diossine, furani e policlorobifenili o PCB); diossine e furani non sono sostanze prodotte intenzionalmente, ma sono prevalentemente originate da processi di combustione a temperature relativamente basse (200 – 500 °C) in presenza di cloro o di materiali organici in grado di fornire idrogeno.



Per quanto riguarda i primi nove composti è piuttosto difficile incontrarli in qualche sito abbandonato (tranne che non si tratti di un sito di produzione, stoccaggio o smaltimento di questi prodotti e vi siano stati incautamente abbandonati al momento della chiusura dell'insediamento), ma le ultime tre classi di composti rappresentano una presenza più familiare, soprattutto il PCB.

1. ALDRIN



2. CLORDANO

3. DICLORODIFENILTRICLOROETANO (DDT)

4. DIELDRIN

5. ENDRIN

6. EPTACLORO



7. MIREX



8. TOXAFENE

9. POLICLOROBIFENILI (PCB)

10. ESACLOROBENZENE

**11. DIOSSINE**



**12. FURANO**





Con il termine generico di **diossine** si intende un gruppo di ben 210 composti chimici, detti congeneri, aromatici policlorurati ossia formati da carbonio, idrogeno, ossigeno e cloro a loro volta suddivisi in 2 famiglie.

La prima grande famiglia è composta da 75 congeneri ed è costituita da dibenzo-p-diossine o PCDD **propriamente detti diossine**; la seconda famiglia è costituita dai rimanenti 135 composti costituita da dibenzo-p-furani o PCDF **propriamente detti furani**.



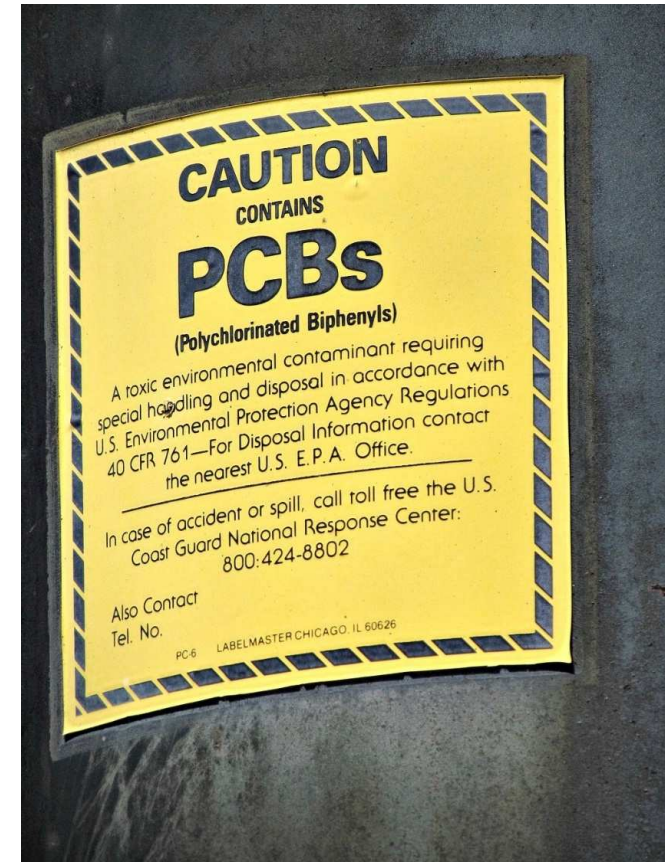
In realtà solamente 17 congeneri tra diossine e furani destano preoccupazioni dal punto di vista tossicologico di cui uno particolarmente tossico che è il 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-diossina o TCDD che è il composto volgarmente detto “diossina”.



Le diossine possono essere potenzialmente presenti nel suolo ovunque vi siano state combustioni industriali in impianti della industria chimica organica e inorganica, siderurgica, mineraria, nella produzione di energia da combustibili fossili, nell'industria cartaria, nel trattamento dei rifiuti. Alcuni studi hanno rimarcato l'elevata quantità di diossine generate dalla produzione di pesticidi e dagli incendi boschivi; assai elevato il quantitativo rilasciato dai fanghi dei processi delle cartiere e dalle cementerie.



Con il termine generico di policlorobifenili o PCB si intende invece una famiglia di 209 congeneri, aventi formula generica  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  in cui «n» è minore o uguale a 10; si tratta di composti aromatici biciclici cioè formati da due anelli benzenici i cui atomi di idrogeno possono essere sostituiti da atomi di cloro (da 1 a 10 atomi) in differenti posizioni; ciascuna configurazione costituisce un singolo congenere con proprie caratteristiche, peso molecolare e propria nomenclatura. I congeneri con configurazione ad anelli complanari sono più stabili e ritenuti più tossici di quelli a configurazione non complanare.



A temperatura ambiente i PCB si presentano come cristalli incolori, inodori e, qualunque sia la configurazione, stabili: fino alla temperatura di circa 170 °C i policlorobifenili non sono soggetti ad ossidazione, sono resistenti ad alcali e acidi, sono poco volatili e poco biodegradabili. I PCB sono insolubili in acqua, ma sono solubili negli idrocarburi e in altri solventi organici: in questo modo possono spandersi in film sottilissimi su ampie superfici con continuità. Il punto di infiammabilità è compreso, per le varie miscele, tra i 170 e i 200 °C e soltanto verso gli 800 – 1000 °C le miscele iniziano a decomporsi in acido cloridrico e anidride carbonica.



La commercializzazione di questi prodotti è avvenuta sotto forma di un mix di vari congeneri disciolti in solventi clorurati a partire dal 1930, anno in cui la Monsanto lo immise sul mercato con il nome di Aroclor; la formulazione è poi cambiata negli anni in relazione ai congeneri utilizzati (ogni miscela era identificata in origine dal nome commerciale seguito da 4 cifre).



Nel mondo è stato prodotto e diffuso, sotto forma di prodotto a matrice oleosa, con numerosissimi nomi commerciali quali Askarel, Asbestol, Clophen, Delorene, Dykanol, Eucarel, Inerteen, Kanechlor, Gilotherm, Noflamol, Phenoclor, Pyranol, Pyroclocor, Sovol, Therminol e almeno un altro centinaio di nomi; in Italia è stato commercializzato con il nome Apirolio dalla Caffaro a partire dal 1938.



Le prime indicazioni di pericolosità dei PCB nei confronti dell'uomo e dell'ambiente emersero nel 1968 a seguito di studi sistematici effettuati in Giappone; nel 1979 i PCB vennero messi al bando negli USA, paese nel quale per quasi 50 anni ne è stato fatto un uso indiscriminato, tanto che vengono tutt'ora riscontrati livelli in ambiente mediamente molto elevati in estese parti del territorio; nel giro di pochi anni i PCB sono poi stati messi al bando in quasi tutti i paesi del mondo.





Si stima che almeno un milione di tonnellate di queste sostanze siano state prodotte e che nonostante le estensive campagne di bonifica condotte negli ultimi decenni diverse centinaia di migliaia di tonnellate siano ancora in circolazione all'interno di materiali, apparecchiature e impianti di vario genere.

Senza contare che fino agli anni Ottanta del Novecento i materiali contenenti PCB venivano normalmente gettati in discarica o interrati.



La straordinaria diffusione di questi composti per oltre cinquanta anni è dipesa innanzi tutto dalle eccezionali caratteristiche dielettriche e dalla non infiammabilità dei suoi vapori, due caratteristiche che ne hanno decretato il successo in migliaia di applicazioni civili e industriali.



Tra gli utilizzi industriali in ambiente sigillato il più diffuso e noto riguarda senz'altro l'industria elettrotecnica in cui è stato impiegato come fluido dielettrico in particolare nei condensatori (a partire dal 1931) e nei trasformatori (a partire dal 1933); in altri settori industriali è stato estensivamente impiegato come fluido idraulico e come fluido termico negli scambiatori di calore.



In ambiente aperto (quindi potenzialmente a diretto contatto con l'uomo e con l'ambiente) è stato impiegato come fluido da taglio per le macchine utensili, nella produzione della carta copiativa (un utilizzo che purtroppo ancora oggi genera casi di contaminazione nell'industria della carta riciclata), come additivo negli adesivi, nei materiali plastici come ignifugante e per conferire flessibilità (in particolare nelle guaine di rivestimento dei cavi elettrici)

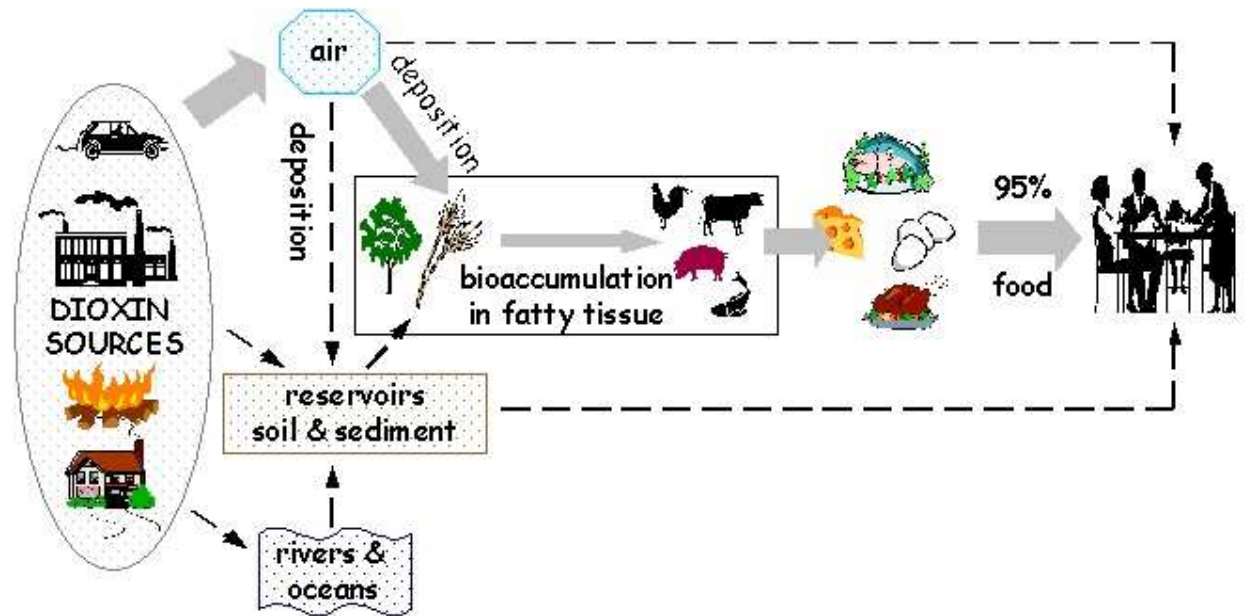


Inoltre è stato utilizzato come additivo elasticizzante nelle vernici e nei rivestimenti bituminosi, come additivo antipolvere e idrorepellente in alcuni materiali da costruzione e da arredo, nei pesticidi e nei fertilizzanti.

Tra gli anni Cinquanta e gli anni Settanta del Novecento è stato anche diffusamente utilizzato nel settore edile per migliorare l'elasticità dei giunti di dilatazione e dei sigillanti.



Sebbene la veicolazione del PCB all'interno dell'organismo umano avvenga prevalentemente attraverso la catena alimentare e le conseguenze più gravi siano in relazione ad esposizioni croniche, anche esposizioni acute potrebbero avere effetti nocivi sulla salute; è dunque da evitare nel modo più assoluto il contatto cutaneo diretto così come l'inalazione dei vapori.



Il contatto diretto o indiretto con i PCB può causare nel tempo patologie di varia natura e gravità che vanno da sonnolenza e vertigini fino alla insorgenza di tumori; nonostante il congenero ritenuto più pericoloso sia il 126, unanimemente riconosciuto dalla comunità scientifica come una sostanza cancerogena, la IARC ha classificato come potenzialmente cancerogeno tutto il gruppo dei 209 congeneri dei PCB.



Tra le patologie più comuni osservate in relazione alla esposizione a PCB e diossine, oltre alla citata cancerogenicità, si citano dermatossicità, irritazione agli occhi e al sistema respiratorio, endometriosi, disturbi della funzione riproduttiva, diabete mellito, effetti neurologici di vario tipo, alterazioni del sistema endocrino e teratogenicità.

Tra tutte, la patologia più diffusa è senz'altro la dermatossicità nota anche come cloracne (in pratica si tratta di eruzioni cutanee diffuse su tutto il corpo) osservate per la prima volta alla fine dell'Ottocento e più diffusamente negli anni Trenta del Novecento tra gli addetti alla produzione di sostanze clorate, pesticidi e PCB; la correlazione diretta con il PCB e i suoi derivati venne definitivamente accertata nel 1953 in Germania tra i lavoratori della BASF.





## GAS CLIMALTERANTI

Sotto il nome generico di gas climalteranti si cela una altra famiglia di composti gassosi eterogenei – generalmente non tossici per l'uomo e non contaminanti dell'ambiente (almeno per via diretta) - accomunati dalla caratteristica di essere responsabili in qualche misura di quel fenomeno che già negli anni Trenta dell'Ottocento Jean Baptiste Joseph Fourier scoprì e chiamò “effetto serra” per analogia con quanto accade in una serra vetrata.

### I gas climalteranti o “gas serra”

$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$	CFC	$\text{SF}_6$
Anidride Carbonica	Metano	Protossido di Azoto	CloroFluoro Carburi	Esaffluoruro di zolfo



Per quanto a livello globale non siano le attività industriali, e antropiche in generale, le maggiori contribuenti alla alterazione del clima – che è dovuta per i due terzi al vapore acqueo proveniente da fenomeni di evaporazione naturale e per una altra parte significativa ad emissioni naturali di metano, ossidi di azoto e anidride carbonica (tra le più rilevanti si possono citare le fermentazioni enteriche negli allevamenti di animali, le colture di riso e il rilascio da parte di oceani, foreste e terreni) - ci sono alcuni altri gas climalteranti sintetici che meritano attenzione.



Tra questi vale la pena porre l'attenzione su alcuni idrocarburi alogenati: in particolare gli idrofluorocarburi (HFC), gli idroclorofluorocarburi (HCFC) e i clorofluorocarburi (CFC); HCFC e CFC appartengono anche a tutti gli effetti alla famiglia dei COV.

Questa famiglia di gas non è soltanto responsabile della contribuzione all'effetto serra ma è anche responsabile della riduzione dello strato di ozono e per questo messa al bando a livello mondiale dal Protocollo di Montreal del 1987. Per tale motivo questi stessi gas sono a volte anche ricompresi nella famiglia delle ODS acronimo inglese di Ozone Depleting Substances.



La criticità degli idrocarburi alogenati nei confronti dell'ambiente non è tanto da ricercare nei quantitativi immessi (modestissimi rispetto a metano, anidride carbonica e protossido di azoto) quanto nella capacità di questi gas di immagazzinare calore in una misura migliaia di volte superiore a quella posseduta, per esempio, dai gas naturali; possono inoltre permanere in atmosfera senza decomporsi per centinaia di anni.



Sebbene la messa al bando per impieghi civili e industriali (ma non militari) significhi che nel corso degli anni Novanta la maggioranza di questi gas dovrebbe essere stata rimossa e sostituita si negli impianti che nei serbatoi di stoccaggio, ciò non significa che ancora oggi non se ne trovino quantità più o meno rilevanti all'interno di siti dismessi da decenni.



Pur non trattandosi di un problema che tocca l'incolumità dei lavoratori (fatte salve sempre possibili fughe e presenze di accumuli di questi gas in ambienti confinati dove si comportano come asfissianti) la determinazione della presenza di idrocarburi alogenati e il loro smaltimento secondo le procedure stabilite dalle leggi in vigore è un ulteriore aspetto da affrontare con priorità in tutti i progetti di decommissioning.

RACCOLTA E SMALTIMENTO  
**BOMBOLE GAS  
REFRIGERANTE**



# Ma è vero che fumare fa male?

