

## DECOMMISSIONING CIVILE E INDUSTRIALE

INGEGNERIA CIVILE - AMBIENTALE  
A.A. 2019 - 2020

**eRWorx.**



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

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



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

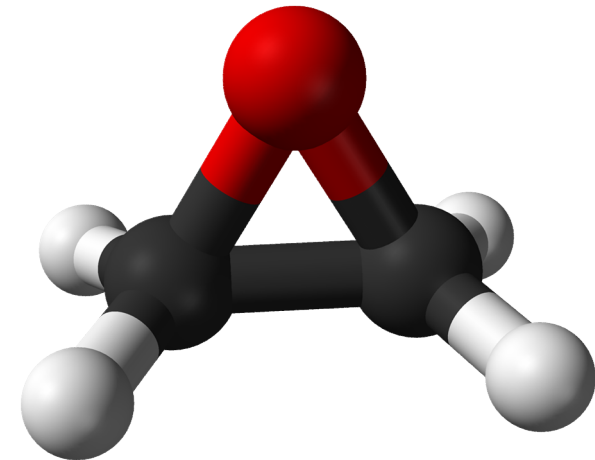
Non tutte le sostanze vengono percepite correttamente in termini di pericolosità.

Ci sono sostanze diffusissime nell'industria quale ad esempio l'**ossido di etilene** ( $C_2H_4O$ ) – 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.



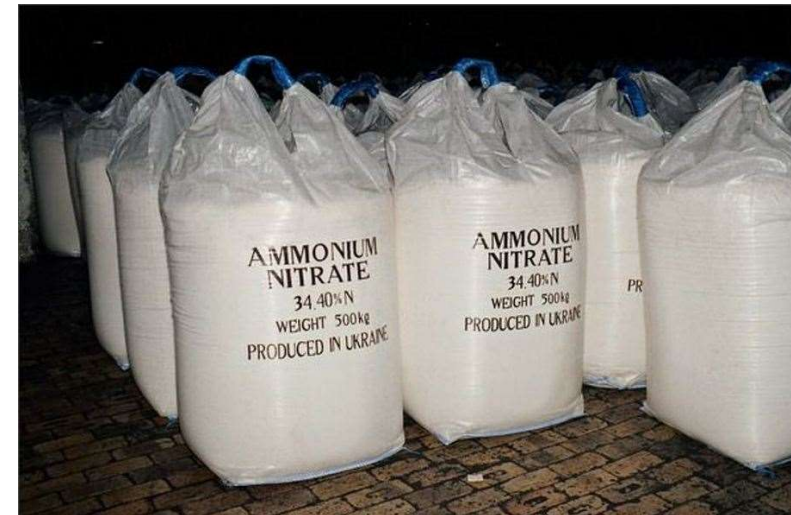
Se l'ossido di etilene viene percepito come una sostanza poco familiare e quindi potenzialmente pericolosa, vi sono però anche sostanze di uso comune e apparentemente innocue (spesso è il loro nome comune che trae in inganno) che nascondono parecchie insidie.



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 nel momento in cui viene accidentalmente a contatto con una ampia famiglia di sostanze organiche.



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, 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. Sono utilizzati anche per il ghiaccio istantaneo per uso medico e sportivo in cui facendoli reagire con acqua danno luogo ad una reazione fortemente endotermica (80 g assorbono 5500 calorie)



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.



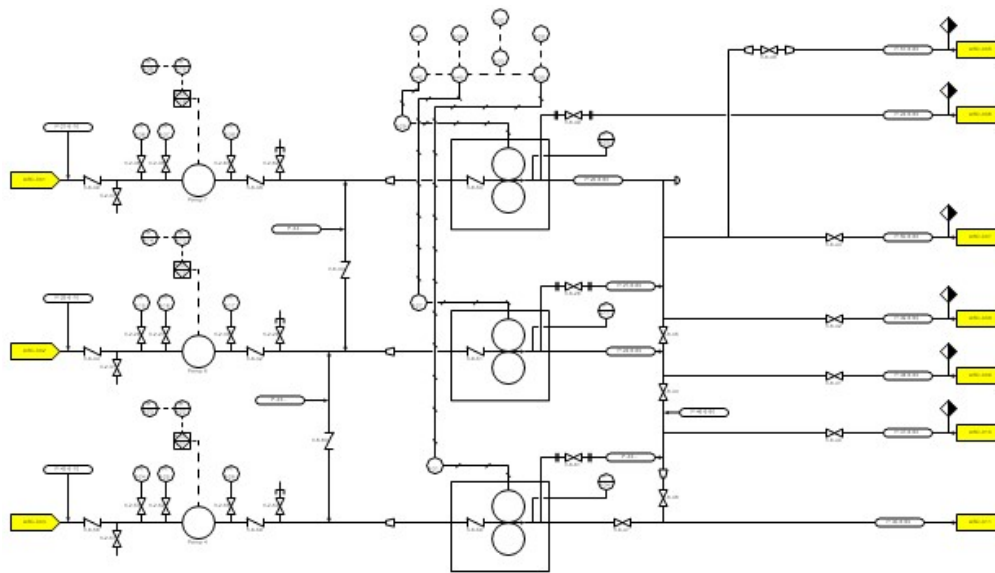
Ma pensiamo anche a sostanze ancora più familiari quali lo zucchero, la farina o il caffè, certamente non tossiche, ma altamente esplosive in particolari condizioni di dispersione nell'ambiente.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



In generale negli impianti produttivi non più in marcia 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).



## 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.

TLV-TWA = 2 ppm



## 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 ad effettuare attente verifiche sulla resistenza di strutture e impianti venuti a contatto con questo gas.



La densità del cloro rispetto all'aria ( $V_{ap_d}$ ) 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.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



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.

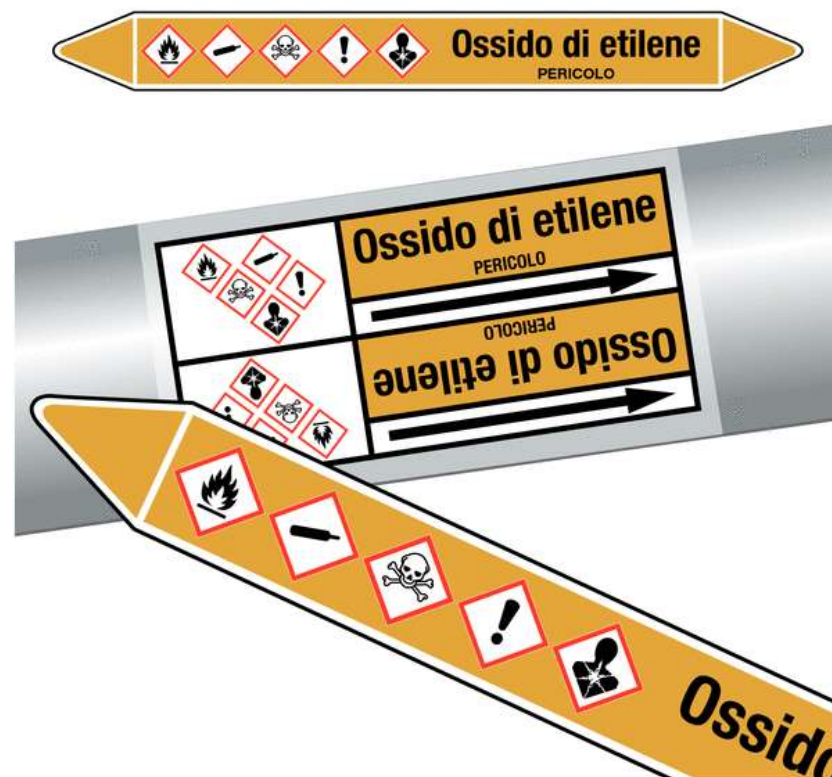
TLV-TWA = 0,5 ppm

TLV-STEL = 1 ppm



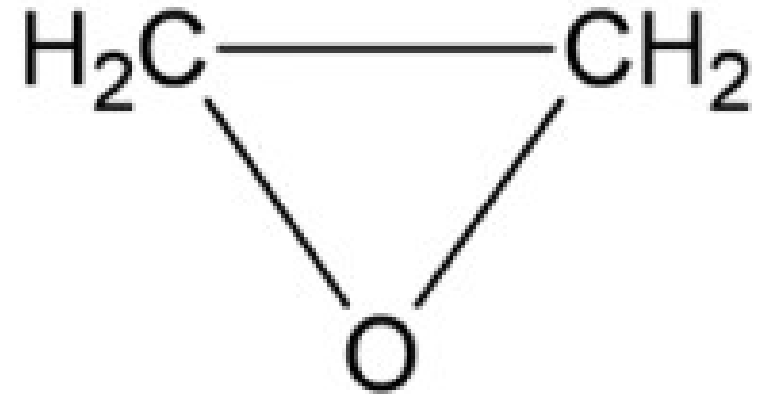
## OSSIDO DI ETILENE (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O)

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.

E' altamente tossico e, secondo diversi studi, cancerogeno.



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.

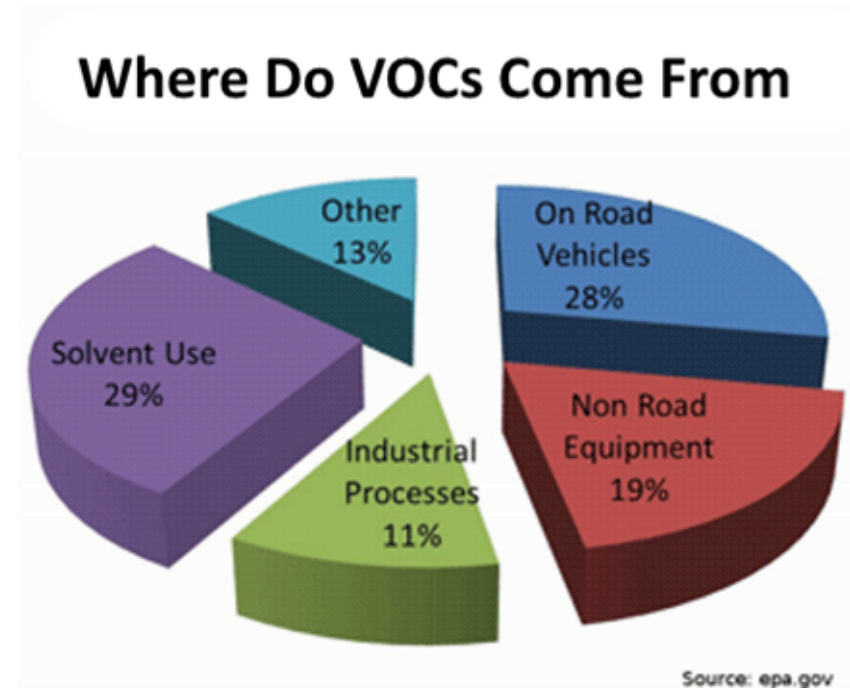
TLV-TWA = 1 ppm



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

## 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).



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.

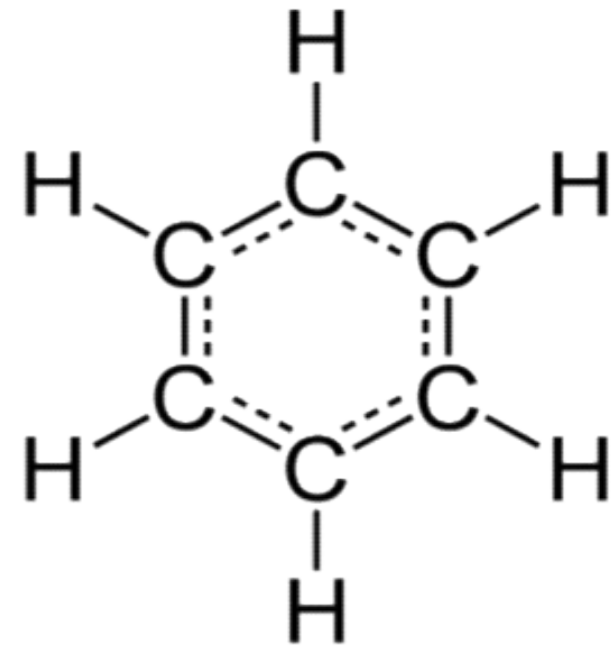


E' stato ipotizzato che l'inquinamento indoor da COV possa costituire un rischio cancerogeno soprattutto per i soggetti che trascorrono molto tempo in ambienti inquinati e scarsamente ventilati; l'intossicazione acuta (per esposizioni di breve durata ad alte concentrazioni) può provocare una sintomatologia 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.



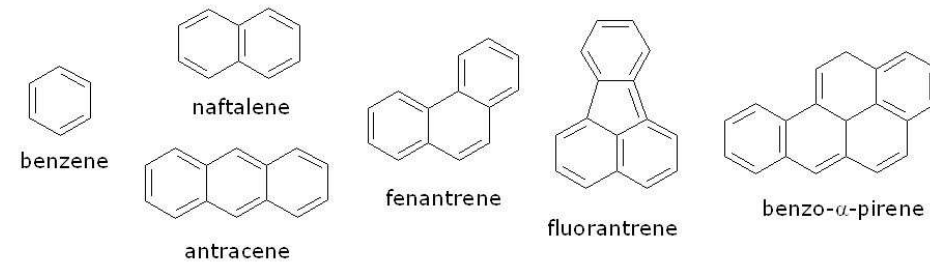


Gli **idrocarburi aromatici** (anche noti come areni o alchilbenzeni) sono un gruppo di composti basati su un anello esagonale benzenico ( $C_6H_6$ ) con doppi legami C-C disposti con spaziatura regolare nell'esagono; la delocalizzazione degli elettroni nell'anello benzenico rende questi idrocarburi 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 contenenti all'origine IPA fortemente contaminati nel tempo 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 deversi ad oggi l'Italia, Israele, la Malesia e gli USA non l'hanno ancora ratificata.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

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), ma le ultime tre classi di composti rappresentano una presenza più familiare, soprattutto il PCB.

*Aldrin, Dieldrin, Heptachlor*, ecc. sono inseriti negli elenchi dell'ACGIH con TLV-TWA di  $0,05 \text{ mg/m}^3$

1. ALDRIN



2. CLORDANO

3. DICLORODIFENILTRICLOROETANO (DDT)

4. DIELDRIN

5. ENDRIN

6. EPTACLORO



7. MIREX



8. TOXAFENE

9. POLICLOROBIFENILI (PCB)

10. ESACLOROBENZENE

11. **DIOSINE**

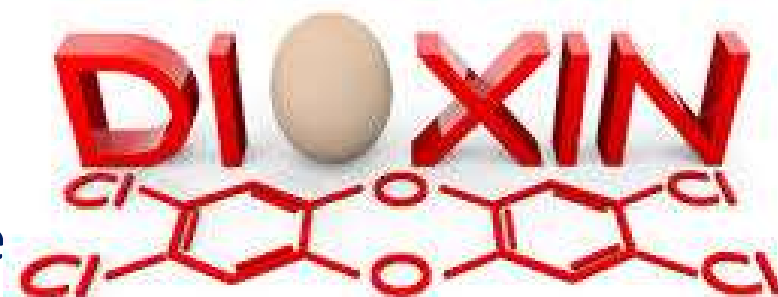
12. **FURANO**





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 a cui solitamente ci si riferisce volgarmente quando si parla di “diossina”.

## Dioxine : des effets multiples

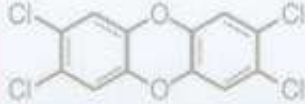
**419** types de composés apparentés à la dioxine ont été identifiés

**Effets sur le corps humain :**

- Lésions cutanées, chloracné, taches sombres sur la peau
- Maladies cardiovasculaires
- Destruction du foie
- Troubles des fonctions de reproduction
- Atteinte du système immunitaire, perturbation du système nerveux

**L'exposition chronique entraîne des cancers**

Les dioxines sont des résidus essentiellement formés lors des combustions (industrielles ou naturelles)



Les incinérateurs de déchets représentent la majorité des rejets dans l'atmosphère

90 à 95% de l'absorption intervient via l'alimentation

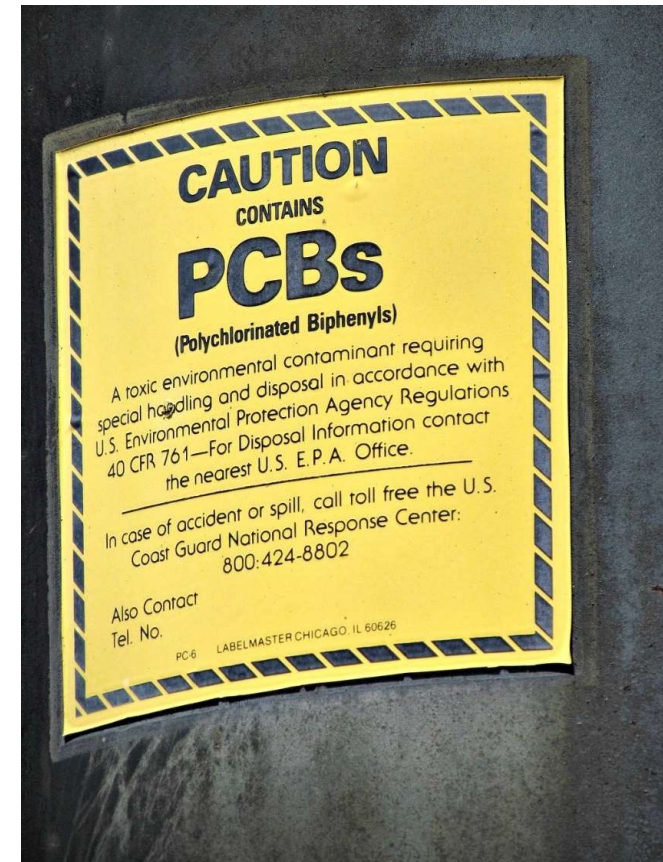
AFP 071208 Source : OMS



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 ben **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 congenero 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.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

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 *Arochlor* la cui formulazione è poi cambiata negli anni in relazione ai congeneri utilizzati (ogni miscela era identificata in origine dal nome commerciale seguito da 4 cifre).



The image shows a yellow safety data sheet for PCB's. At the top right is a diamond-shaped hazard symbol with the numbers 2, 1, and 0. Below it, the text reads 'PCB's' in large bold letters, followed by 'arochlor; chlorinated biphenyls; chlorinated diphenyl; chlorinated diphenylene; phenoclor'. A black banner contains the text 'WARNING! COMBUSTIBLE'. The sheet lists 'Emergency Overview', 'Precautionary Measures', 'First Aid Procedures', 'First Procedures', and 'Spill Procedures'.

**2 1 0**

**PCB's**  
arochlor; chlorinated biphenyls; chlorinated diphenyl;  
chlorinated diphenylene; phenoclor

**WARNING! COMBUSTIBLE**

**Emergency Overview:**  
Oily liquid, white crystalline solid, or hard resin. Severely irritating. Suspect cancer hazard. Chronic: chloracne, GI disturbances, neurological symptoms, liver enlargement, menstrual changes, bronchitis. Possible reproductive and teratogenic effects.

**Precautionary Measures:** Avoid exposure to skin. Wear protective clothing: Goggles, Gloves, Full Suit, Boots.

**First Aid Procedures:** Inhalation: Remove to fresh air and support breathing. Eye/Skin: Remove contaminated clothing. Flush eyes with medical grade mineral or olive oil followed by plenty of water. Thoroughly wash skin with soap and water. Ingestion: Do not induce vomiting.

**First Procedures:** Combustible. Use water as fog, dry chemical, or carbon dioxide. Do not scatter with a high pressure water stream. Firefighters should protect against thermal decomposition products which are more toxic than PCBs themselves.

**Spill Procedures:** Notify safety personnel, isolate and ventilate area, deny entry and stay upwind. Shut off heat and ignition sources. Take up with inert materials such as sand or vermiculite. Cleanup crew should protect against exposure.



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).

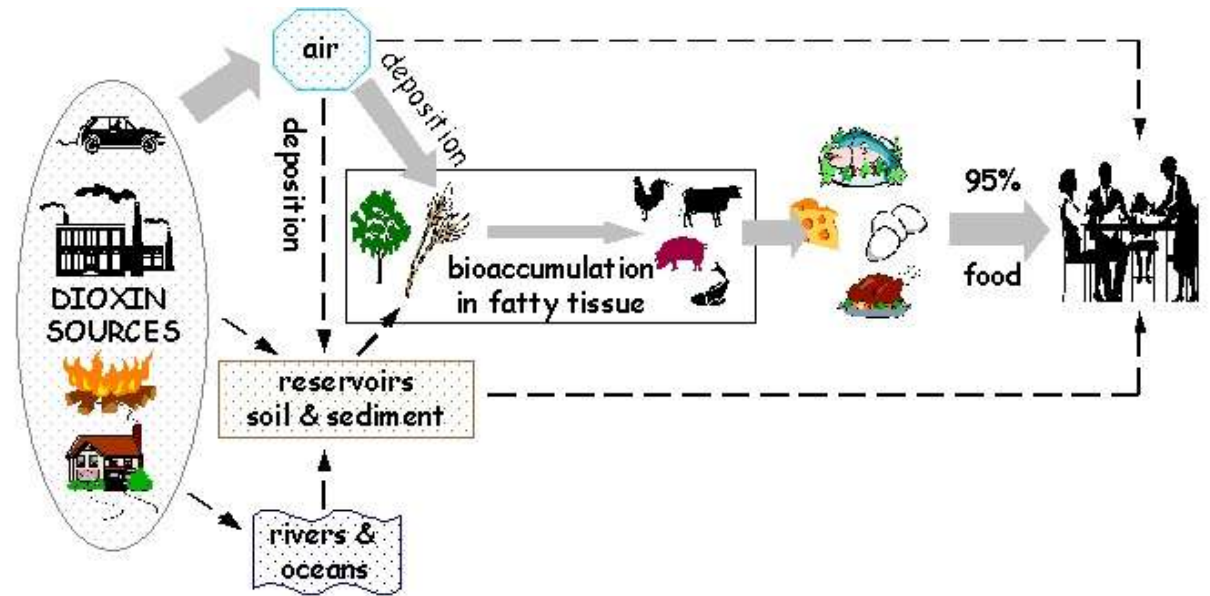


Inoltre è stato utilizzato come additivo elasticizzante nelle vernici e nei rivestimenti bituminosi, come additivo antipolvere e idrorepellente in alcuni materiali da costruzione e da arredo, nei pesticidi e nei fertilizzanti.

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 congenere 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 (PROTOCOLLO DI KYOTO 2005)

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





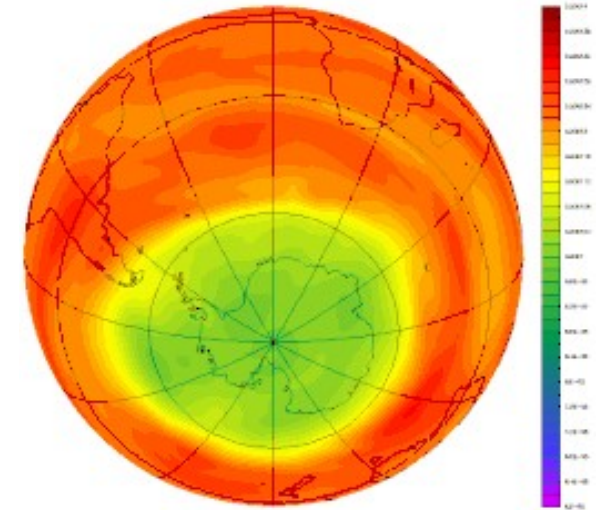
Per quanto a livello globale non siano le attività industriali, e antropiche in generale, le maggiori contribuenti alla alterazione del clima – che è dovuta per i due terzi al vapore acqueo proveniente da fenomeni di evaporazione naturale e per una altra parte significativa ad emissioni naturali di metano, 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.

TIME : 11-SEP-1997 00:00 DATA SET: a4open.cn.mil19970911.1.F\_03  
NetCDF file created by the CRESCENDO program



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



Substance	AR1 (1990)	AR2 (1995)	AR3 (2001)	AR4 (2007)	AR5 (2013)
Carbon dioxide, fossil (CO <sub>2</sub> )	1	1	1	1	1
Methane, fossil (CH <sub>4</sub> )	21	21	23	25	28
Methane, biogenic (CH <sub>4</sub> )	18.25	18.25	20.25	22.25	25.25
Dinitrogen monoxide (N <sub>2</sub> O)	290	310	296	298	265
HCFC-141b	440	-	700	725	782
HFC-134a	1200	1300	1300	1430	1300
HCFC-22	1500	-	1700	1810	1760
HCFC-142b	1600	-	2400	2310	1980
CFC-11	3500	-	4600	4750	4660
CFC-12	7300	-	10600	10900	10200
Sulfur hexafluoride	-	23900	22200	22800	23500



La messa al bando per impieghi civili e industriali (non militari) ha fatto sì che nel corso degli anni Novanta una gran quantità di questi gas sia stata rimossa e sostituita sia negli impianti che nei serbatoi di stoccaggio; ciò non significa però che ancora oggi non se ne trovino quantità più o meno rilevanti all'interno di siti dismessi da decenni.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Sebbene non si tratti di un problema che tocchi 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.

