



**IL DECOMMISSIONING DEI SITI CIVILI E INDUSTRIALI**  
**DEFINIZIONI, PARAMETRI E CONCETTI DI BASE NELLA**  
**SICUREZZA E IGIENE INDUSTRIALE**

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



**eRwOrx.**

Il termine *rischio* ha una etimologia incerta: secondo alcuni deriverebbe dal greco *rizikon* (sorte, destino), secondo altri dal latino *resecare* (tagliare); altri ancora sostengono che derivi dallo spagnolo e portoghese *risco* (scoglio, roccia tagliente) o, anche, dall'arabo *rizq* (tutto ciò che viene da Dio).



Secondo alcuni noti dizionari della lingua italiana il rischio può essere definito come la **“eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili”**.



Nel mondo industriale e del lavoro in generale, utilizziamo una definizione un po' più complessa:  
**“probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione a un determinato fattore o agente (sostanze, attrezzature, organizzazione del lavoro, ecc.) oppure alla loro combinazione”**



Il «rischio» può anche essere definito come il **“prodotto della frequenza di accadimento e della gravità delle conseguenze (anche detta magnitudo)”**.



Il «pericolo» viene comunemente definito in ambito industriale come la **“proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore o agente avente il potenziale di causare danni”**.



Il “danno” possiamo, a sua volta, definirlo come una **“qualunque conseguenza negativa derivante dal verificarsi di un evento”** o, se ci si riferisce ad una persona, come una **“qualsiasi lesione fisica o conseguenza negativa sulla salute derivante dalla esposizione diretta o indiretta, per un tempo breve (in questo caso si parla di infortunio) o per un tempo prolungato (in questo caso si parla di malattia professionale) ad un pericolo”**.



Il rischio è, in definitiva, un concetto **probabilistico** e implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e la possibilità che essa si trasformi in un danno.



Il **rischio** può essere espresso dalla semplice formula:

$$\text{Rischio} = \text{Pericolo} \times \text{Magnitudo}$$

ossia dal prodotto tra la **pericolosità** (che si può anche definire come la **probabilità** che un evento si verifichi in un determinato spazio/tempo) e la **magnitudo**, cioè la **gravità** del potenziale **danno**.

P - Probabilità	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		D - Danno			



Su questa base si possono definire differenti **Classi di Rischio:**

1 = remoto

2-3 = improbabile

4-8 = probabile

9-16 = altamente probabile

**N.B. Il rischio ZERO non esiste**

Per questa determinazione quantitativa vengono più comunemente utilizzate matrici **4 X 4** oppure **4 X 5** oppure **5 X 5**.



Le attività di decommissioning sono caratterizzate, al pari di pressochè qualsiasi altra attività lavorativa, da un livello di rischio non trascurabile per le persone, per i beni patrimoniali e per l'ambiente.



**La legislazione italiana con il D.Lgs. 81/2008** garantisce la tutela dei **lavoratori** in materia di **salute e sicurezza** negli ambienti lavorativi, sancendo l'obbligo per il datore di lavoro di effettuare **l'analisi dei rischi** di natura chimica, fisica e biologica associati alle mansioni lavorative, alle macchine, alle attrezzature e alle sostanze utilizzate o comunque presenti nell'ambiente di lavoro e di attuare prioritariamente **misure di prevenzione** eliminando (o comunque riducendo al minimo possibile) i rischi connessi con l'attività lavorativa (ovvero minimizzando la presenza di pericoli e/o l'esposizione dei lavoratori) ed attuando secondariamente le necessarie **misure di protezione** (collettive e individuali) contro gli ineliminabili rischi residui; al datore di lavoro spetta anche la predisposizione di tutte le **misure di emergenza**.



Le fasi iniziali di qualsiasi progetto di decommissioning sono sempre dedicate proprio alla determinazione **qualitativa e quantitativa** dei pericoli esistenti e dei relativi livelli di rischio per le persone e per l'ambiente.



La fase preliminare di **valutazione dei rischi** potenzialmente presenti in un sito da dismettere e/o riconvertire, non deve essere confusa con le successive valutazioni di rischio necessarie a valutare le attività che dovranno essere svolte in cantiere per smontaggi, demolizioni, bonifiche o riconversioni. Ai fini della salvaguardia dei lavoratori entrambe queste fasi sono comunque regolamentate dalle medesime normative in materia di sicurezza sul lavoro sia in Italia che, in generale, in Europa e in altri paesi extra EU.



Gli "agenti di rischio" possono essere classificati in modo molto semplice, ma efficace, in tre grandi categorie:

- Fisici
- Chimici
- Biologici



Ragionando in termini di decommissioning potremmo anche dire che in un qualsiasi contesto industriale «dismesso» gli agenti di rischio ancora potenzialmente in grado di provocare danni sono i seguenti:

- sostanze combustibili (infiammabili, esplosive) o chimicamente instabili;
- sostanze comburenti (ossidanti);
- sostanze tossiche (per l'uomo e/o per l'ambiente);



- sostanze asfissianti;
- sostanze radioattive;
- recipienti o ambienti a pressione diversa da quella atmosferica;
- accumuli di liquidi e di sostanze solide (granulari) instabili;
- strutture ammalorate o instabili;
- potenziali energetici residui;
- agenti biologici.



Non è inusuale in letteratura imbattersi anche nella seguente classificazione dei rischi che prevede tre macro famiglie:

- rischi di natura chimica, fisica, biologica;
- rischi di natura energetica;
- rischi di natura statica-strutturale.



Un'altra possibile classificazione (un po' più dettagliata, ma altrettanto non ortodossa) potrebbe essere la seguente:

- rischi di natura atmosferica (sottossigenazione, sovraossigenazione, tossicità, esplosività);
- rischi derivanti da presenza di materiali liquidi e solidi (in particolare «rinfuse») chimicamente e/o fisicamente instabili;
- rischi di natura biologica;
- rischi derivanti da potenziali energetici residui;
- rischi di natura statica-strutturale;
- altri rischi di natura ambientale (caduta dall'alto, scivolamento, inciampo, intrappolamento, ecc.).



Un ulteriore elenco utile per comprendere il livello di rischio per l'uomo è quello relativo agli effetti che le sostanze genericamente definite "pericolose" possono avere sulla salute dell'uomo:

- asfissianti semplici;
- corrosive (anche dette ustionanti chimici);
- allergiche;
- irritanti;
- nocive;
- tossiche;
- mutagene;
- teratogene;
- cancerogene.



Cosa significa?

- **tossici**: sostanze genericamente dannose per inalazione, ingestione, contatto;
- **asfissianti**: sostanze genericamente non in grado di consentire la respirazione cellulare dell'individuo;
- **irritanti**: sostanze che possono dare luogo a reazioni a carico di varie parti dell'organismo;
- **sensibilizzanti**: sostanze che possono predisporre l'organismo a reazioni avverse nel caso di una successiva riesposizione;



- ***ustionanti (o corrosive)***: sostanze (generalmente acide o caustiche) in grado di provocare ustioni di natura chimica (generalmente cutanee) per contatto;
- ***cancerogeni***: sostanze che possono provocare il cancro sul soggetto esposto o costituire fattore contribuente ad un aumento della probabilità di contrazione della patologia;
- ***mutageni***: sostanze che possono produrre effetti genetici ereditari o aumentarne la frequenza sull'asse ereditario;
- ***teratogeni***: sostanze che possono produrre effetti genetici sulla prole di carattere non ereditario o generare danni a carico dell'apparato riproduttivo.



Per quanto riguarda le sostanze chimiche si potrebbero aggiungere anche le categorie degli ***infiammabili***, ***altamente infiammabili*** ed ***esplosivi*** in ragione di ulteriori caratteristiche di pericolosità con potenziale impatto diretto o indiretto sulla sfera della salute e della sicurezza.



Colore	Forma	Significato e scopo	Indicazioni e prescrizioni
Colore Rosso		Segnali di divieto	Atteggiamenti pericolosi
		Pericolo-Allarme	Alt, Arresto, Dispositivi di emergenza, Sgombero
Colore Giallo oppure Giallo Arancio		Materiali e attrezzature antincendio	Identificazione e ubicazione
		Segnali di Avvertimento	Attenzione, Cautela, Verifica
Colore Azzurro		Segnali di Prescrizione	Obbligo o azione specifica - Obbligo di portare un mezzo di sicurezza personale
		Segnali di Salvataggio o di Soccorso	Porte, Uscite, Percorsi, Materiali, Postazioni, Locali
Colore Verde		Situazione di Sicurezza	Ritorno alla normalità



# IMPIANTI ELETTRICI SOTTO TENSIONE



## È VIETATO:

- Eseguire lavori su impianti sotto tensione.
- Toccare gli impianti se non si è autorizzati.
- Togliere i ripari e le custodie di sicurezza prima di aver tolto tensione.



## È OBBLIGATORIO:

- Aprire gli interruttori di alimentazione del circuito, prima di effettuare interventi.
- Assicurarsi del collegamento a terra prima di iniziare i lavori.
- Tenersi ben isolati da terra, con mani e piedi asciutti, o usando pedane e guanti isolanti.
- Tenere lontani dagli impianti materiali estranei.

Segnali di divieto



**È VIETATO OPERARE SU organi in moto**



**VIETATO FUMARE e/o usare fiamme libere**



**VIETATO L'INGRESSO a tutte le persone non autorizzate**



**VIETATO IL TRANSITO AI CARRELLI ELEVATORI**



**NON USARE ACQUA per spegnere incendi su apparecchiature elettriche**



**NON RIMUOVERE I DISPOSITIVI E LE PROTEZIONI DI SICUREZZA**

Segnali di avvertimento - pericolo



**IMPIANTO SOTTO TENSIONE**



**ATTENZIONE LIQUIDI INFIAMMABILI**



**ATTENZIONE MACCHINA AD AVVIAMENTO AUTOMATICO CON COMANDO A DISTANZA**



**ATTENZIONE CARRELLI IN MOVIMENTO**



**ATTENZIONE SOSTANZE CORROSIVE**



**PERICOLO ATTENZIONE ALLE MANI**

Segnali di prescrizione - obbligo



**È OBBLIGATORIO PROTEGGERE GLI OCCHI**



**CALZATURE DI SICUREZZA OBBLIGATORIE**



**È OBBLIGATORIO IL CASCO DI PROTEZIONE**



**È OBBLIGATORIO PROTEGGERE LE VIE RESPIRATORIE**



**È OBBLIGATORIO LO SCHERMO PROTETTIVO**



**È OBBLIGATORIO PROTEGGERE L'UDITO**

Segnali di salvataggio - sicurezza (anche su fondo luminescente)



**CASSETTA DI PRONTO SOCCORSO**



**USCITA DI EMERGENZA**



**SCALA DI EMERGENZA**



**PUNTO DI RACCOLTA**



**CHIAVE DI EMERGENZA**



**SCALA ANTINCENDIO**

Attrezzatura antincendio



**ESTINTORE**



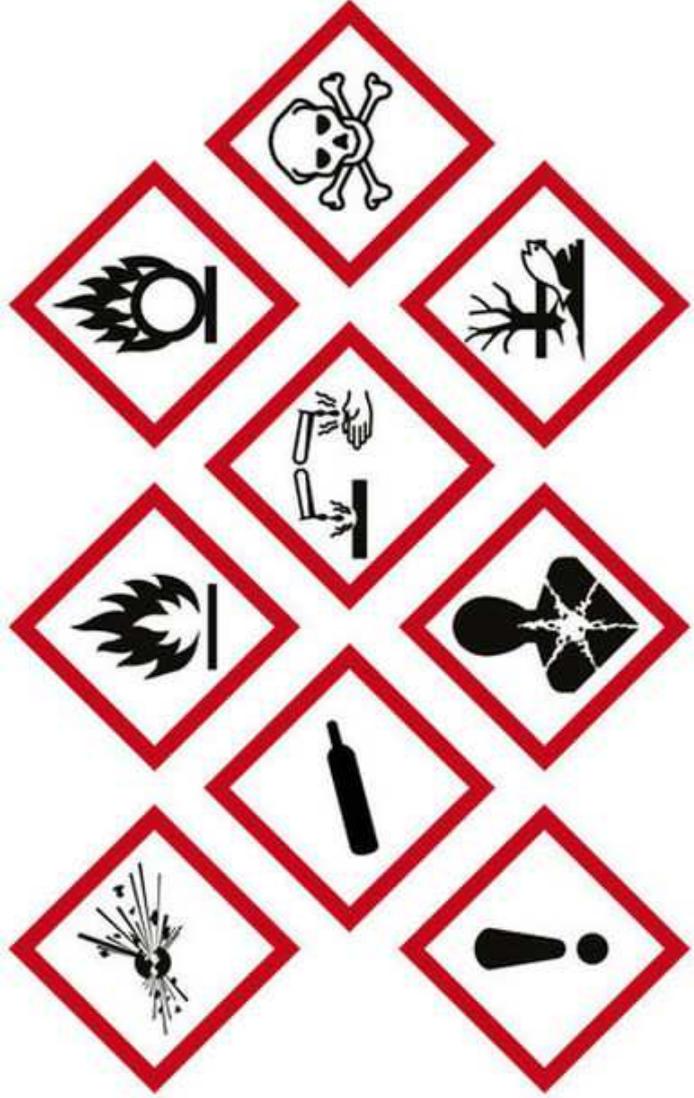
**IDRANTE**



**ESTINTORE CARRELLATO**







CORROSIVO



PERICOLOSO PER L'AMBIENTE



COMBURENTE



NOCIVO



ESTREMAMENTE INFIAMMABILE



IRRITANTE



INFIAMMABILE



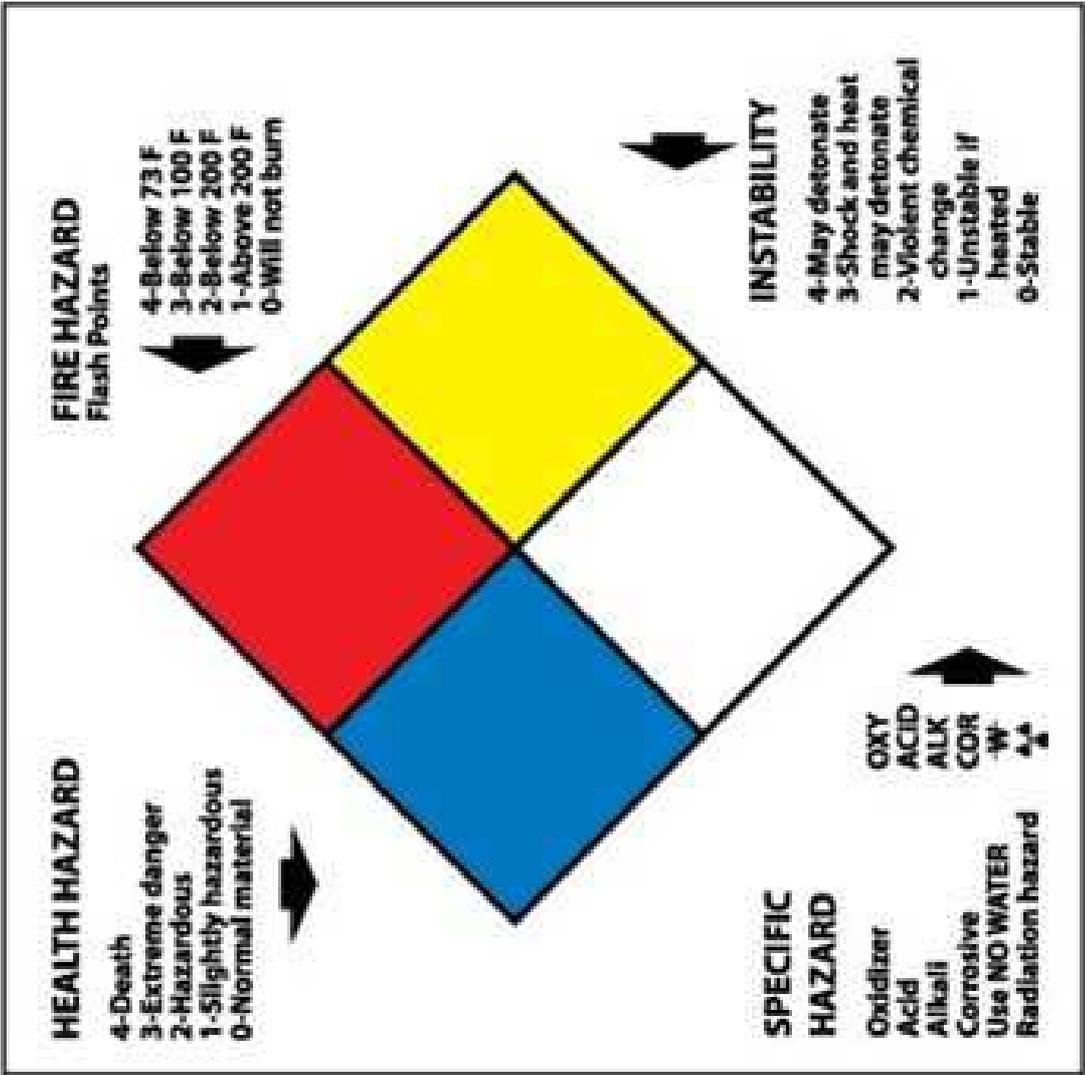
ESTREMAMENTE TOSSICO



ESPLOSIVO



TOSSICO



**WARNING**

**HAZARDOUS  
MATERIAL  
STORAGE AREA**

SmartSign.com • 800 952 1457 • S 0309

**DANGER**

**HAZARDOUS WASTE  
STORAGE AREA  
UNAUTHORIZED PERSONS  
KEEP OUT**



Pittogramma di pericolo e denominazione (regolamento CE 1272/2008)	Simbolo e denominazione (direttiva 67/548/CEE, obsoleta)	Significato (definizione e precauzioni)	Esempi
 GHS01 ESPLOSIVO	 <b>E</b> <b>Esplosivo</b>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni che possono esplodere a causa di una scintilla o che sono molto sensibili agli urti o allo sfregamento.</p> <p><b>Precauzioni:</b> evitare colpi, scuotimenti, sfregamenti, fiamme o fonti di calore.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitroglicerina</li> <li>• Tricloruro di azoto</li> <li>• Perossido di benzoile</li> <li>• Fuochi d'artificio</li> <li>• Dinamite</li> <li>• Tritolo</li> <li>• Polvere da sparo</li> <li>• Nitrocellulosa</li> </ul>

Esempi di simboli internazionali di pericolo per l'uomo e per l'ambiente correlati alle sostanze chimiche.



 GHS02 INFIAMMABILE	<b>F</b>  <b>INFIAMMABILE</b>	<p><b>Classificazione:</b> Sostanze o preparazioni che possono surriscaldarsi e successivamente infiammarsi al contatto con l'aria a una temperatura compresa tra i 21 e i 55 °C; acqua; sorgenti di innesco (scintille, fiamme, calore...);</p> <p><b>Precauzioni:</b> evitare il contatto con materiali (come aria e acqua).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzene</li> <li>• Etanolo</li> <li>• Acetone</li> </ul>
INFIAMMABILE	<b>F+</b>  <b>ESTREMAMENTE INFIAMMABILE</b>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni liquide il cui punto di combustione è inferiore ai 21 °C.</p> <p><b>Precauzioni:</b> evitare il contatto con materiali (come aria e acqua).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idrogeno</li> <li>• Acetilene</li> <li>• Etere etilico</li> <li>• Alcol Etilico</li> </ul>



 <p>GHS03 COMBURENTE</p>	<p>O</p>  <p><b>Comburente</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> Reagendo con altre sostanze questi prodotti possono facilmente ossidarsi o liberare ossigeno. Per tali motivi possono provocare o aggravare incendi di sostanze combustibili.</p> <p><b>Precauzioni:</b> evitare il contatto con materiali combustibili.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ossigeno</li> <li>• Nitrati</li> <li>• Perossido di idrogeno (acqua ossigenata)</li> <li>• Clorati e perclorati</li> <li>• Cloro</li> <li>• Fluoro</li> <li>• Bicromati</li> </ul>
---	---	---	---



 <p>GHS04 GAS SOTTO PRESSIONE</p>	<p>(gas compresso)</p>	<p><b>Classificazione:</b> bombole o altri contenitori di gas sotto pressione, compressi, liquefatti, refrigerati, disciolti.</p> <p><b>Precauzioni:</b> trasportare, manipolare e utilizzare con la necessaria cautela.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ossigeno</li> <li>• Acetilene</li> </ul>
--	----------------------------	--	---



 <p>GHS05 CORROSIVO</p>	<p><b>C</b></p>  <p><b>CORROSIVO</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> questi prodotti chimici causano la distruzione di tessuti viventi e/o attrezzature.</p> <p><b>Precauzioni:</b> non inalare ed evitare il contatto con la pelle, gli occhi e gli abiti.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acido solforico</li> <li>• Idrossido di sodio</li> </ul>
--	---	---	---



 <p>GHS06 TOSSICO ACUTO</p>	<p>T</p>  <p><b>TOSSICO</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni che, per inalazione, ingestione o penetrazione nella pelle, possono implicare rischi gravi, acuti o cronici, e anche la morte.</p> <p><b>Precauzioni:</b> deve essere evitato il contatto con il corpo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metanolo</b></li> </ul>
 <p>GHS08 TOSSICO A LUNGO TERMINE</p>	<p>T+ T+</p>  <p><b>ESTREMAMENTE TOSSICO</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni che, per inalazione, ingestione o assorbimento attraverso la pelle, provocano rischi estremamente gravi, acuti o cronici, e facilmente la morte.</p> <p><b>Precauzioni:</b> deve essere evitato il contatto con il corpo, l'inalazione e l'ingestione, nonché un'esposizione continua o ripetitiva anche a basse concentrazioni della sostanza o preparato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cianuro</b></li> </ul>



 <p>GHS07 IRRITANTE NOCIVO</p>	<p><b>Xi</b></p>  <p><b>IRRITANTE</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni non corrosive che, al contatto immediato, prolungato o ripetuto con la pelle o le mucose possono provocare un'azione irritante.</p> <p><b>Precauzioni:</b> i vapori non devono essere inalati e il contatto con la pelle deve essere evitato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro di calcio</li> <li>• Carbonato di sodio</li> </ul>
	<p><b>Xn</b></p>  <p><b>Nocivo</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> sostanze o preparazioni che, per inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo, possono implicare rischi per la salute non mortali; oppure sostanze che per inalazione o contatto possono causare reazioni allergiche o asmatiche.</p> <p><b>Precauzioni:</b> i vapori non devono essere inalati e il contatto con la pelle deve essere evitato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laudano</li> <li>• Diclorometano</li> <li>• Cisteina</li> </ul>



 <p>GHS09 PERICOLOSO PER L'AMBIENTE</p>	<p><b>N</b></p>  <p><b>Pericoloso per l'ambiente</b></p>	<p><b>Classificazione:</b> il contatto dell'ambiente con queste sostanze o preparazioni può provocare danni all'ecosistema (flora, fauna, acqua, ecc..) a corto o a lungo periodo.</p> <p><b>Precauzioni:</b> le sostanze non devono essere disperse nell'ambiente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ipoclorito di sodio</li> <li>• Fosforo</li> <li>• Cianuro di potassio</li> <li>• Benzina</li> <li>• Gasolio</li> <li>• Petrolio</li> <li>• Solfato rameico</li> <li>• Cromati</li> <li>• Bicromati</li> <li>• Composti del mercurio</li> <li>• Composti del piombo</li> </ul>
--	---	---	--



Altri rischi segnalati in etichettatura o negli ambienti di lavoro di natura non chimica.

Nome	Simbolo	Unicode	Immagine
Tossico generico		U+2620	
Pericolo generico		U+2621 o U+26A0	
Radiazioni		U+2622	
Radiazioni non ionizzanti			



Nome	Simbolo	Unicode	Immagine
Biorischio		U+2623	
Alto voltaggio		U+26A1	
Campo magnetico			
Laser			
Radiazione ottica			



Le principali vie di assorbimento delle sostanze pericolose da parte dell'organismo umano sono:

- per via respiratoria;
- per ingestione;
- per contatto cutaneo;
- per contatto oculare.



- ***inalazione***: si tratta di una introduzione della sostanza nociva all'interno dell'organismo che avviene durante la respirazione esterna (ventilazione) dove il primo organo bersaglio è chiaramente costituito dall'apparato respiratorio e in particolare dai polmoni; si tratta della modalità di veicolazione più diffusa, comunque facilmente eliminabile utilizzando DPI specifici per le vie aeree (maschere filtranti, respiratori isolanti, ecc.);



- ***ingestione***: modalità meno frequente della precedente, ma non del tutto remota soprattutto per piccole quantità di prodotto; avviene principalmente attraverso il deposito degli agenti nocivi sulle labbra; facilmente eliminabile adottando elementari norme igieniche e maschere protettive;



- ***contatto cutaneo***: si tratta di una modalità di veicolazione molto più lenta rispetto all'inalazione e all'ingestione; facilmente eliminabile adottando idoneo vestiario, guanti, DPI facciali, ecc.;
- ***contatto con gli occhi***: è una modalità di veicolazione molto simile a quella cutanea; facilmente controllabile con l'adozione di DPI specifici: occhiali antispruzzo, maschere sigillanti, ecc.;



La sostanza inquinante può essere assorbita dall'organismo in differenti stati fisici:

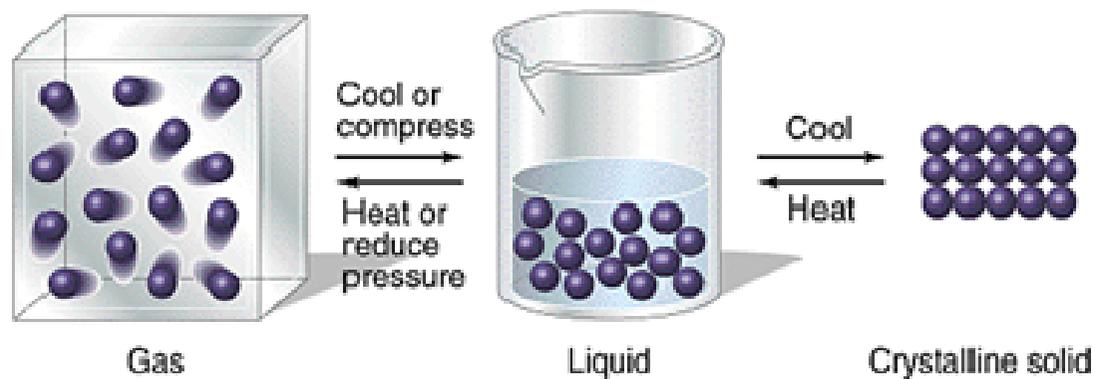
- ***solido***
- ***liquido***
- ***gas***
- ***vapore***
- ***polvere***
- ***fumo***
- ***nebbia***



## Stato fisico della sostanza (sez. 9 della SDS).

Questa informazione fornisce una prima fondamentale indicazione macroscopica sul possibile comportamento di una qualsiasi sostanza.

Gli stati fondamentali della materia sono tre: **gas, liquido, solido**.



## Gas

Si definisce gas uno stato (della materia) aeriforme caratterizzato da una temperatura - detta temperatura critica - che si trova al di sotto della temperatura ambiente; gli aeriformi per cui ciò non avviene, vengono detti allo stato di vapore.

Un gas può anche essere definito come un aeriforme non condensabile a temperatura ambiente. Un gas non ha un volume definito e, all'interno di un qualsiasi contenitore, si espande in modo uniforme occupando l'intero volume. I gas possono essere **tossici, esplosivi o asfissianti** ed in genere l'assorbimento preferenziale da parte dell'organismo avviene per via inalatoria.



## Liquido

Si definisce liquido uno stato (della materia) che ha la proprietà di essere fluido, elastico e incomprimibile; gli atomi e le molecole che costituiscono il liquido interagiscono fra loro, hanno legami molto più stretti di quelli caratteristici dei gas sebbene non così forti come nei solidi. Essi non si trovano in posizioni fisse, ma sono in grado di scorrere gli uni sugli altri.

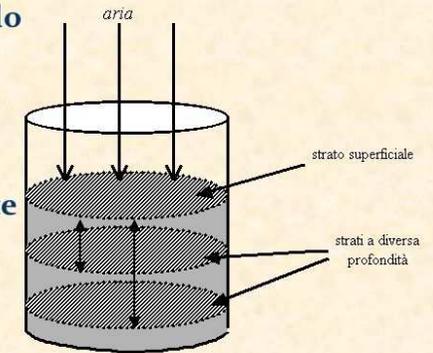
Sotto l'effetto del campo gravitazionale un liquido, immesso in un contenitore, tende a disporsi verso il basso occupando l'intero volume fino al pelo libero che tende all'orizzontalità.



La pressione di un liquido in un qualsiasi punto è pari a quella esercitata dal peso della colonna di liquido sovrastante oltre alla pressione atmosferica sovrastante il pelo libero. I liquidi possono distinguersi in volatili, caratterizzati da legami molecolari più deboli (quasi tutti quelli presenti nel campo dell'industria) e in non volatili.

## LEGGE DI STEVINO

In un liquido sottoposto alla sola forza di gravità e contenuto in un recipiente aperto, la pressione in ogni punto interno al liquido è direttamente proporzionale al peso della colonna di liquido sovrastante, e quindi all'altezza di questa e alla densità del liquido, ma è totalmente indipendente dalle dimensioni o dalla forma del contenitore.

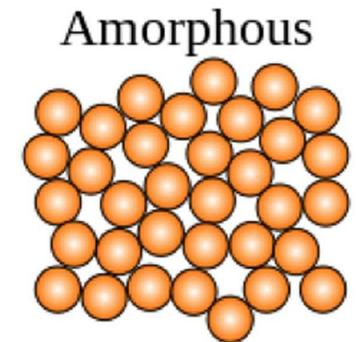
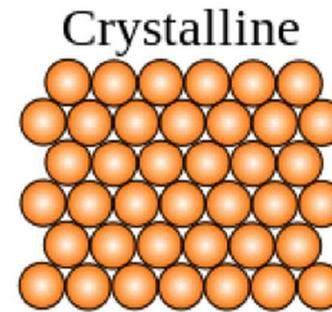


Un liquido può quindi facilmente trasformarsi per evaporazione in un aeriforme e ritrasformarsi in liquido per condensazione; per raffreddamento un liquido può solidificare. Esistono liquidi tossici per contatto, per ingestione o per inalazione una volta vaporizzati e combustibili sempre a seguito di vaporizzazione.



## Solido

Si definisce solido uno stato (della materia) che, grazie a legami atomici e molecolari molto forti, si trova in una forma condensata caratterizzata da resistenza alla deformazione e alle variazioni di volume. I solidi possiedono infatti una forma propria, possono essere cristallini o amorfi, possono liquefarsi e poi vaporizzare per riscaldamento oppure passare allo stato vapore direttamente per sublimazione.



Una volta trasformati in liquidi o vapore possono essere veicolati all'interno dell'organismo per inalazione o contatto cutaneo. I solidi possono essere causa di intossicazione per ingestione ma anche risultare infiammabili o esplosivi una volta trasformati in vapore.



## Vapori

Rappresentano lo stato gassoso di materiali che si trovano naturalmente in fase liquida (la trasformazione viene detta di evaporazione) o solida (la trasformazione diretta, senza passare da una fase liquida intermedia, viene detta sublimazione) a temperatura ambiente.

I vapori possono essere riportati alla fase liquida mediante raffreddamento (condensazione) o aumento della pressione.

I vapori generati da sostanze altamente volatili vengono spesso ritenuti, erroneamente, più leggeri dell'aria trascurando così il rischio derivante dalla loro stratificazione verso il basso.



Altrettanto a torto viene spesso ritenuto che, una volta rimosse da un ambiente tutte le sostanze volatili, i relativi vapori si disperdano con rapidità.

I vapori di molte sostanze organiche possono produrre importanti effetti patologici sia a lungo che a breve termine.

Al contrario di quanto accade per polveri, fumi e nebbie, i vapori sono generalmente invisibili, molto spesso non presentano un'odorizzazione caratteristica che ne consenta il riconoscimento e inoltre tendono a mantenere a lungo una distribuzione abbastanza omogenea nello spazio.



## Polveri

Si tratta di particelle solide di vario diametro prodotte per frantumazione meccanica di materiali solidi. La tossicità di molte polveri dipende dalle dimensioni medie, ovvero dalla loro respirabilità; particelle di diametro superiore ai 10  $\mu\text{m}$  sono generalmente trattenute dal naso e dalle prime vie respiratorie giungendo difficilmente ai polmoni, mentre particelle di dimensioni inferiori a questo diametro possono facilmente giungere ai polmoni e da questi al sangue.



La distribuzione delle polveri in aria libera o all'interno di uno ambiente confinato risulta generalmente scarsamente omogenea anche in presenza di elevate turbolenze poiché non trattandosi di molecole risentono pesantemente della forza di gravità.



## Fumi

Sono particelle solide generate dalla ricondensazione di vapori precedentemente originati dal surriscaldamento di materiali solidi (metalli, plastiche, ecc.).

La distribuzione dei fumi nello spazio è generalmente abbastanza omogenea pur risentendo della precipitazione continua dovuta al loro progressivo raffreddamento.



## **Nebbie (aerosol)**

Le nebbie sono costituite da microscopiche gocce di liquidi generate da frammentazione meccanica come nel caso, ad esempio, dell'atomizzazione e della spruzzatura.

La distribuzione delle nebbie all'interno di un ambiente confinato, pur tendendo a precipitare per via gravitazionale, può essere ritenuta abbastanza omogenea.



## Tenore di ossigeno

Questo valore espresso in percentuale in volume in aria è rilevabile con apposita strumentazione.

La percentuale di ossigeno in atmosfera viene determinata e monitorata sia ai fini della respirabilità dell'aria che dell'esplosività dell'atmosfera.



## **Limite di esposizione ad agenti tossici (sez. 8 della SDS).**

Il limite di esposizione viene sovente indicato tramite il cosiddetto “valore limite di soglia”: tra i più diffusi il TLV® (Threshold Limit Value) i cui valori riferiti ad un gran numero di sostanze vengono periodicamente aggiornati e pubblicati dalla American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH); i dati pubblicati costituiscono la sintesi di ricerche e studi epidemiologici effettuati su scala mondiale da diverse Organizzazioni.



Nello specifico il TLV-TWA (TLV – Time Weighed Average) indica, per una data sostanza, la concentrazione ambientale media aerodispersa al di sotto della quale si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta continuamente, giorno dopo giorno, per tutta la vita lavorativa, senza effetti negativi per la salute.



Questo limite si ritiene possa essere cautelativo per la quasi totalità della popolazione lavorativa sebbene, come per tutti i limiti analoghi, a causa della differente suscettibilità individuale, possano insorgere in soggetti sensibili, sintomi e patologie anche per esposizione a concentrazioni inferiori a questi.



Nella pratica l'indice di esposizione ammette escursioni in eccesso, cioè ammette che un lavoratore possa rimanere esposto a concentrazioni anche superiori al valore numerico indicato, purché queste escursioni vengano compensate, nelle 8 ore, da esposizioni più basse del TLV fissato in modo che la media ponderale nel periodo rimanga in ogni caso entro il limite.



Per esposizioni di breve durata (15 minuti) il limite - più alto del TLV-TWA - viene espresso tramite TLV-STEL (TLV-Short Term Exposure Limit). Questo valore limite trova un significato nel caso di necessità di accesso ad un ambiente inquinato per periodi brevissimi o per motivi di soccorso; garantisce comunque su un largo campione di lavoratori che non insorgano stati irritativi, danni tissutali cronici o irreversibili, narcosi di grado sufficiente ad incrementare il rischio di infortuni, che sia impedito l'autosoccorso o venga ridotta l'efficienza lavorativa.



Viene anche definito un valore limite assoluto - noto come TLV-C (TLV-Ceiling) - che indica la concentrazione massima ammissibile per un'esposizione anche solo istantanea.

La concentrazione di riferimento è normalmente espressa in ppm (parti per milione) se la sostanza tossica si trova allo stato gassoso, oppure in mg/m<sup>3</sup> se la sostanza si trova sotto forma di fumi, polveri o aerosol.



Le due unità che esprimono la concentrazione di una data sostanza in aria sono convertibili mediante le seguenti formule:

$$\text{mg/m}^3 = (\text{ppm}) \times (\text{peso molecolare sostanza}) / 24,45$$

$$\text{ppm} = (\text{mg/m}^3) \times 24,45 / (\text{peso molecolare sostanza})$$

dove 24,45 è il volume standard di un gas ideale espresso in m<sup>3</sup>/kmole oppure l/mole alla pressione di 760 mmHg e alla temperatura di 25 °C.



Analogo significato hanno altri indici reperibili in letteratura (sulle MSDS o su altri documenti ufficiali) quali il MAK (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) in uso nei Paesi di lingua tedesca, i VME (Valeur Moyenne d'Exposition) e VLE (Valeur Limite d'Exposition) in uso in Francia e in altri Paesi francofoni o i WEL (Workplace Exposure Limit) in uso in UK. In alcuni casi viene utilizzato anche l'indice DL50 che si riferisce alla dose risultata letale per il 50% delle cavie testate in laboratorio.

Recentemente anche la Comunità Europea ha introdotto valori TLV di riferimento (ILV, OEL, ecc).

Si noti che i valori numerici dei vari indici precedentemente indicati, riferiti alla medesima sostanza, spesso differiscono.



## **Campo di infiammabilità (sez. 9 della SDS).**

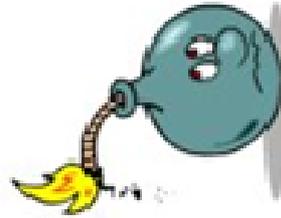
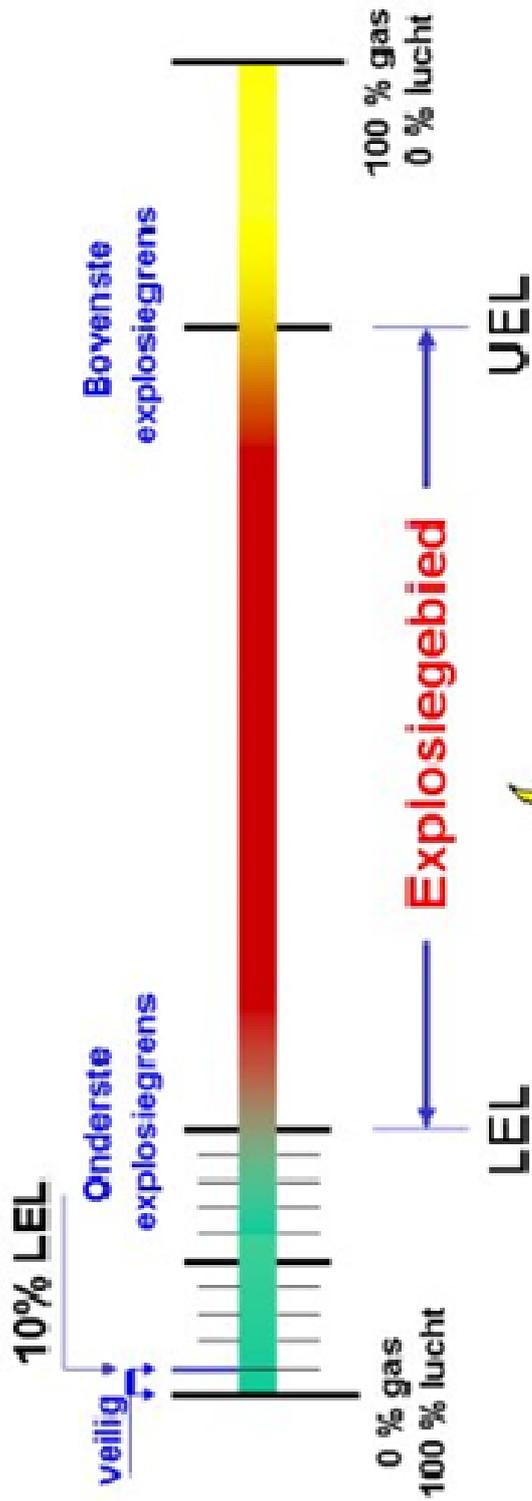
Il campo di infiammabilità o esplosività di un gas (o di un vapore generato da un liquido o da un solido che posseggano proprietà combustibili), è definito come l'intervallo di concentrazione in volume in cui il combustibile, combinato con un comburente (tipicamente l'aria), in presenza di un innesco, possa dar luogo ad una reazione di combustione.



Questo campo di infiammabilità è tipicamente caratterizzato da un limite inferiore, solitamente indicato con LEL (Lower Explosive Limit) e da un limite superiore solitamente indicato con UEL (Upper Explosive Limit); analoghi indici sono i cosiddetti LFL (Lower Flammable Limit) e UFL (Upper Flammable Limit).

Per quanto di interesse pratico, gli indici di infiammabilità ed esplosività, reperibili in letteratura sono assolutamente intercambiabili.





I due valori limite, espressi come percentuale del combustibile in una atmosfera comburente, rappresentano, in pratica, la concentrazione minima e massima in un'atmosfera standard (21% di ossigeno, 760 mmHg di pressione e, generalmente, 15 o 20 °C di temperatura ambiente a seconda dello standard di riferimento). Al di sotto e al di sopra di questi limiti di concentrazione la combustione non può avvenire a causa della presenza di una miscela troppo magra (eccesso di comburente) o troppo ricca (eccesso di combustibile).



A seconda della sostanza combustibile i valori di LEL e UEL variano sensibilmente e altrettanto varia l'estensione del campo di infiammabilità, ovvero la “distanza” tra questi due valori. Il riferimento ad un'atmosfera comburente standard è necessario perché all'aumentare del tenore di ossigeno in aria il valore di UEL si sposta verso valori maggiori (quanto meno fino ad un certo limite) rendendo così possibile l'innesco anche con percentuali ridottissime di comburente.

Viceversa la carenza di ossigeno nella miscela comburente è in grado di restringere sensibilmente il campo di infiammabilità fino ad annullarlo.



## **Punto di infiammabilità (sez. 9 della SDS).**

Il punto di infiammabilità (anche detto temperatura di ignizione o flash point) di una sostanza combustibile liquida o solida è la temperatura ( $T_i$ ) più bassa alla quale possono formarsi vapori in quantità tali che, in presenza di un comburente e di una sorgente di energia sufficiente, possano innescarsi ed autosostenere una reazione di combustione.



Il punto di infiammabilità di una sostanza riveste grande importanza ai fini della sicurezza: le sostanze cosiddette altamente infiammabili sono quelle a più basso punto di ebollizione e sono caratterizzate da  $T_i$  inferiore a  $21^{\circ}\text{C}$ , mentre quelle cosiddette infiammabili hanno un punto di ebollizione più elevato e una  $T_i$  compresa tra i  $21^{\circ}\text{C}$  e i  $65^{\circ}\text{C}$ . Per i prodotti con più elevato punto di infiammabilità le problematiche di sicurezza, in relazione a questa caratteristica, perdono di significato, quanto meno a temperatura ambiente.



Questo parametro perde totalmente di significato nel caso di un gas combustibile (che ovviamente è sempre combustibile in ragione del suo stato fisico); allo stesso modo perde di significato in caso di formazione di aerosol (nebbie derivanti da condensazione o frazionamento meccanico) e di nubi di polvere; in questi casi l'atmosfera potrebbe infatti risultare esplosiva a qualsiasi temperatura anche drasticamente più bassa del flash point teorico riferito alla sostanza liquida o solida d'origine.



Nel caso di presenza di sostanze caratterizzate da flash point superiore alla temperatura ambiente, non possono venire rilevate atmosfere esplosive finché non si provoca la forzata vaporizzazione dei liquidi o dei solidi presenti mediante un sufficiente apporto di calore.

Inoltre nel caso di sostanze caratterizzate da flash point superiore ai 20°C anche il concetto di LEL e UEL potrebbe perdere di significato essendo questa la temperatura standard alla quale questi indici vengono determinati.



Nel caso di miscele costituite da più liquidi, caratterizzati da diverse temperature di infiammabilità, ci si aspetterebbe di trovare una temperatura di infiammabilità della miscela compresa tra i valori minimo e massimo caratteristici dei singoli componenti; a volte invece è possibile riscontrare sperimentalmente che il flash point si attesta su un valore di temperatura inferiore a quello più basso a causa della formazione di una miscela azeotropica la cui tensione di vapore è più alta di quella dei suoi singoli componenti e per questo più facilmente vaporizzabile.



## **Temperatura di autoaccensione** (sez. 9 della SDS).

La temperatura minima di autoaccensione o di autoignizione (anche indicata come MIT – Minimum Ignition Temperature) di un combustibile viene definita come la minima temperatura (riferita generalmente alla pressione atmosferica ed a un tenore pari al 21% di ossigeno in aria) alla quale un combustibile in presenza di aria può dar luogo spontaneamente, senza sorgenti di innesco esterne, ad una reazione di combustione.



Una sovraossigenazione dell'atmosfera provoca un allargamento del campo di infiammabilità e un abbassamento della temperatura di autoaccensione.

La temperatura di autoaccensione, tra tutti i parametri caratteristici di un gas o vapore, esplosivo è uno di quelli che, nell'ambito della letteratura tecnica, presenta la maggior aleatorietà in relazione al fatto che può essere determinato in riferimento a diversi standard di prova non omogenei tra loro.



## **Densità dei vapori e dei gas rispetto all'aria (sez. 9 della SDS).**

La densità dei gas e dei vapori rispetto all'aria (alla quale viene per definizione assegnato un valore di densità pari all'unità) spesso indicato come  $\rho_d$  o  $\rho_{vd}$ , costituisce un importante parametro di controllo ai fini del monitoraggio atmosferico. Viene normalmente riferito, a seconda dello standard adottato, ad una densità dell'aria alla temperatura di 20 °C o 70 °F.



All'aumentare o diminuire della temperatura dell'atmosfera rispetto al valore standard di prova, la miscela composta da gas/vapore e aria diminuisce o aumenta rispettivamente il proprio peso in valore assoluto, ma il rapporto tra la densità del gas/vapore e l'aria rimane ovviamente il medesimo delle condizioni standard.



Probabilmente ancora più significativo è il fatto che gas e vapori normalmente più pesanti dell'aria a 20 °C, quali ad esempio la CO<sub>2</sub> (vapt = 1,52) o il propano (vapt = 1,52), se immessi come prodotti di combustione caldi (supponiamo a 200 °C), in un ambiente contenente aria alla temperatura di 20 °C, posseggono entrambi una densità inferiore (vapt = 0,94) a quella posseduta dall'aria e quindi tendano ad accumularsi nella parte alta dell'ambiente anziché in basso dove sarebbe più intuitivo aspettarsi di trovarli.



	-100	-50	-20	0	<b>+20</b>	+50	+100	+200
<b>idrogeno</b>	0,12	0,09	0,08	0,08	<b>0,07</b>	0,06	0,05	0,04
<b>metano</b>	0,93	0,72	0,64	0,59	<b>0,55</b>	0,50	0,43	0,34
<b>ammoniaca</b>	-	-	0,68	0,63	<b>0,59</b>	0,54	0,46	0,37
<b>acetilene</b>	-	1,18	1,04	0,97	<b>0,90</b>	0,82	0,71	0,56
<b>CO</b>	1,64	1,27	1,12	1,04	<b>0,97</b>	0,88	0,76	0,60
<b>azoto</b>	1,64	1,27	1,12	1,04	<b>0,97</b>	0,88	0,76	0,60
<b>aria</b>	<b>1,69</b>	<b>1,31</b>	<b>1,16</b>	<b>1,07</b>	<b>1,00</b>	<b>0,91</b>	<b>0,79</b>	<b>0,62</b>
<b>ossigeno</b>	1,86	1,45	1,27	1,18	<b>1,10</b>	1,00	0,86	0,68
<b>H<sub>2</sub>S</b>	-	1,54	1,35	1,26	<b>1,17</b>	1,06	0,92	0,72
<b>CO<sub>2</sub></b>	-	1,99	1,76	1,63	<b>1,52</b>	1,38	1,19	0,94
<b>propano</b>	-	-	1,76	1,63	<b>1,52</b>	1,38	1,19	0,94
<b>butano</b>	-	-	-	-	<b>2,00</b>	1,81	1,57	1,24
<b>vapore</b>	-	-	-	-	-	-	0,49	0,38



LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI	PESO VAPORI (ARIA = 1)	TEMP. INFIAMMABILITA'	TEMP. AUTOACCENSIONE
ACETILENE	0,90	GAS	305°C
ACETONE	2,00	18°C	465°C
ALCOOL ETILICO	1,11	11°C	455°C
AMMONIACA	0,59	GAS	630°C
BENZINA	> 2,50	- 35°C	>250°C
GASOLIO	3,50	80°C	>300°C
BUTANO	2,00	-104 °C	288°C
KEROSENE	3,00	38°C	350°C
IDROGENO	0,07	GAS	560°C
METANO	0,55	GAS	537°C
OLIO LUBRIFICANTE	> 3,50	> 125°C	350°C
OSSIDO DI CARBONIO	0,97	GAS	551°C
PROPANO	1,52	GAS	566°C
TOLUOLO	3,18	4,4 °C	552°C



## **Odore naturale o odorizzazione artificiale rilevabile (sez. 9 della SDS).**

L'odore naturale o l'odorizzazione artificiale, se rilevabile dagli operatori, può costituire un buon ausilio al monitoraggio di una data sostanza, in particolare all'interno di un ambiente confinato o a ventilazione limitata.

L'odorizzazione di una sostanza, se non naturale, potrebbe però risultare assente, durante alcune fasi di produzione, trasporto o stoccaggio.



Nel caso, ad esempio, del trasporto del gas naturale liquefatto - che è un gas naturalmente inodore - che avviene a circa - 162 °C (a pressione atmosferica con una riduzione del volume pari a circa 600 volte) all'interno di serbatoi criogenici, l'aggiunta di odorizzanti (si utilizzano mercaptani) non è praticabile in quanto questi presentano un punto di congelamento che si trova ad una temperatura più elevata di quella di liquefazione del gas.



Si tenga anche presente che l'odore caratteristico di una certa sostanza, se presente in ambiente al di sopra di certe concentrazioni, potrebbe non essere rilevabile dall'uomo a causa della sopraggiunta inibizione dei recettori olfattivi.

Un tipico esempio è costituito dall'H<sub>2</sub>S.



## **Solubilità in acqua o in altri solventi (sez. 9 della SDS).**

La solubilità in acqua o in altri solventi di una sostanza è una caratteristica da tenere in considerazione nella scelta dell'eventuale mezzo da utilizzare per la bonifica. Una pur elevata solubilità in acqua potrebbe però non eliminare il problema dell'adsorbimento o assorbimento del soluto sulle pareti dell'ambiente confinato.



In certi casi, l'applicazione di un carico idrostatico, anziché facilitare la solubilizzazione, potrebbe creare le condizioni per la stabilizzazione dell'inquinante all'interno delle microporosità o dei residui solidi presenti sulle pareti.

La solubilità in acqua deve anche essere tenuta in considerazione in relazione alla scelta del più adeguato agente estinguente.



## **Incompatibilità chimiche (sez. 10 SDS).**

Anche la conoscenza delle possibili incompatibilità chimiche rappresenta un'informazione molto importante.

Contaminazioni, anche impercettibili, di una sostanza non inerte nei confronti di una sostanza infiammabile o esplosiva potrebbe dare luogo a reazioni di ossidoriduzione o cross-reazioni.

