

SOSTANZE CHIMICHE PERICOLOSE

G. Giacomo Guilizzoni

Rivista: Nuova Secondaria

3/2009 3/2010 4/2010

Le cause degli infortuni sono spesso dovute alla scarsa conoscenza dei pericoli e dei sistemi di sicurezza, alla disattenzione o peggio all'incoscienza degli operatori, all'abitudine al rischio da parte di coloro che si sentono troppo sicuri di sè non avendo mai subito incidenti. Anche il chimico più esperto e cosciente corre dei rischi manipolando sostanze chimiche ed è importante conoscere le più temibili.

Saranno qui riassunte le principali caratteristiche delle sostanze pericolose, escludendo i *farmaci*, gli *stupefacenti* e le *sostanze radioattive*; sono oggetto di disposizioni di legge particolari e possono essere manipolate soltanto da personale specializzato e autorizzato.

Tab. 1. Classificazione CE delle sostanze pericolose.

	<i>simb.</i>	<i>sostanze</i>	<i>logo</i>
Maggiore pericolo	E	esplosive	bomba
	O	comburenti	fiamma su cerchio
	F	infiammabili	fiamma
	C	corrosive	oggetto e mano corrosi
	T	tossiche	teschio e tibie
	T Xn	cancerogene	v. tossiche e nocive
	T Xn	mutagene	v. tossiche e nocive
	T Xn	tossiche per la riproduzione	v. tossiche e nocive
	N	pericolose per l'ambiente	albero e pesce
Minore pericolo	Xn	nocive	croce di S. Andrea
	Xi	irritanti	croce di S. Andrea

Sulle etichette delle confezioni, oltre ai simboli di pericolo della tab. 1, devono comparire le *frasi di rischio* (tab. 2) e i *consigli di prudenza* (tab. 3), o i relativi simboli.

Tab. 2. *Frasi di rischio*.

- R 1 Esplosivo allo stato secco.
- R 2 Rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
- R 3 Elevato rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
- R 4 Forma composti metallici esplosivi molto sensibili.
- R 5 Pericolo di esplosione per riscaldamento.
- R 6 Esplosivo a contatto o senza contatto dell'aria.
- R 7 Può provocare un incendio.
- R 8 Può provocare l'accensione di sostanze combustibili.
- R 9 Esplosivo in miscela con sostanze combustibili.
- R 10 Infiammabile.
- R 11 Facilmente infiammabile.
- R 12 Altamente infiammabile.

- R 13 Gas liquefatto altamente infiammabile.
- R 14 Reagisce violentemente con l'acqua.
- R 15 A contatto con l'acqua libera gas facilmente infiammabili.
- R 16 Pericolo di esplosione se mescolato con sostanze comburenti.
- R 17 Spontaneamente infiammabile all'aria.
- R 18 Durante l'uso può formare con l'aria miscele esplosive/infiammabili.
- R 19 Può formare perossidi esplosivi.
- R 20 Nocivo per inalazione.
- R 21 Nocivo per contatto cutaneo.
- R 22 Nocivo per ingestione.
- R 23 Tossico per inalazione.
- R 24 Tossico per contatto cutaneo.
- R 25 Tossico per ingestione.
- R 26 Altamente tossico per inalazione.
- R 27 Altamente tossico per contatto cutaneo.
- R 28 Altamente tossico per ingestione.
- R 29 A contatto con l'acqua libera gas tossici.
- R 30 Può divenire facilmente infiammabile durante l'uso.
- R 31 A contatto con acidi libera gas tossici.
- R 32 A contatto con acidi libera gas altamente tossici.
- R 33 Pericolo di effetti cumulativi.
- R 34 Provoca ustioni.
- R 35 Provoca gravi ustioni.
- R 36 Irritante per gli occhi.
- R 37 Irritante per le vie respiratorie.
- R 38 Irritante per la pelle.
- R 39 Pericolo di effetti irreversibili molto gravi.
- R 40 Possibilità di effetti cancerogeni - prove insufficienti.
- R 41 Rischio di gravi lesioni oculari.
- R 42 Può provocare sensibilizzazione per inalazione.
- R 43 Può provocare sensibilizzazione per contatto cutaneo.
- R 44 Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato.
- R 45 Può provocare il cancro.
- R 46 Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
- R 48 Pericoli di grave danno alla salute in caso di esposizione prolungata.
- R 49 Può provocare il cancro per inalazione.
- R 50 Altamente tossico per gli organismi acquatici.
- R 51 Tossico per gli organismi acquatici.
- R 52 Nocivo per gli organismi acquatici.
- R 53 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
- R 54 Tossico per la flora.
- R 55 Tossico per la fauna.
- R 56 Tossico per gli organismi del terreno.
- R 57 Tossico per le api.
- R 58 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.
- R 59 Pericoloso per lo strato di ozono.
- R 60 Può diminuire la fertilità.
- R 61 Può danneggiare i bambini non ancora nati.
- R 62 Possibile rischio di riduzione della fertilità.
- R 63 Possibile rischio di danni a bambini non ancora nati.
- R 64 Possibili rischi per bimbi allattati al seno.
- R 65 Può causare danni ai polmoni.
- R 66 L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolatura della pelle.
- R 67 L'inalazione dei vapori può provocare sonnolenza e vertigini.
- R 68 Possibilità di effetti irreversibili.

Ad alcune sostanze possono essere assegnati più codici, separando i numeri con una sbarretta. Esempio, per il β -naftolo (Xn) il codice R 20/22 precisa che il prodotto è nocivo per inalazione e ingestione e il codice S 24/25 è il consiglio di evitare il contatto con la pelle e con gli occhi.

Tab. 3. *Consigli di prudenza*

- S 1 Conservare sotto chiave.
- S 2 Conservare fuori della portata dei bambini.
- S 3 Conservare in luogo fresco.
- S 4 Conservare lontano dai locali di abitazione.
- S 5 Conservare sotto... (liquido indicato dal produttore).
- S 6 Conservare sotto... (gas inerte indicato dal produttore).
- S 7 Conservare in recipiente ben chiuso.
- S 8 Conservare al riparo dell'umidità.
- S 9 Conservare il recipiente in luogo ben ventilato.
- S 10 Mantenere il prodotto umido.
- S 11 Evitare il contatto con l'aria.
- S 12 Non chiudere ermeticamente il recipiente.
- S 13 Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.
- S 14 Conservare lontano da ... (sostanze incompatibili indicate dal produttore).
- S 15 Conservare lontano dal calore.
- S 16 Conservare lontano da fiamme e scintille. Non fumare.
- S 17 Tenere lontano da sostanze combustibili.
- S 18 Manipolare e aprire il recipiente con cautela.
- S 20 Non mangiare né bere durante l'impiego.
- S 21 Non fumare durante l'impiego.
- S 22 Non respirare le polveri.
- S 23 Non respirare i gas/fumi/vapori/aerosoli.
- S 24 Evitare il contatto con la pelle.
- S 25 Evitare il contatto con gli occhi.
- S 26 In caso di contatto con gli occhi lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico.
- S 27 Togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
- S 28 In caso di contatto cutaneo, lavarsi immediatamente e abbondantemente con ... (prodotti idonei indicati dal produttore).
- S 29 Non gettare i residui nelle fognature.
- S 30 Non versare acqua sul prodotto.
- S 31 Tenere lontano da sostanze esplodibili.
- S 33 Evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche.
- S 34 Evitare l'urto o lo sfregamento.
- S 35 Non disfarsi del prodotto o del recipiente se non con le dovute precauzioni.
- S 36 Usare indumenti protettivi adatti.
- S 37 Usare guanti adatti.
- S 38 In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
- S 39 Proteggersi gli occhi/il viso.
- S 40 Per pulire il pavimento e gli oggetti contaminati da questo prodotto usare:... (da precisare da parte del produttore).
- S 41 In caso di incendio o di esplosione non respirare i fumi.
- S 42 Durante le fumigazioni usare un apparecchio respiratorio adatto.
- S 43 In caso di incendio usare ... (mezzi estinguenti indicati dal produttore). Se l'acqua aumenta il rischio precisare «non usare acqua».
- S 45 In caso di incidente o di malessere consultare *immediatamente* il medico e se possibile

mostrargli il contenitore o l'etichetta.

S 46 In caso di ingestione consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.

S 47 Conservare a temperatura non superiore a °C (da precisare da parte del fabbricante).

S 48 Mantenere umido con ... (mezzo appropriato da precisare da parte del fabbricante).

S 49 Conservare soltanto nel recipiente originale.

S 50 Non mescolare con ... (da specificare da parte del fabbricante).

S 51 Usare soltanto in luogo ben ventilato.

S 52 Non utilizzare su grandi superfici in locali abitati.

S 53 Evitare l'esposizione; procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.

S 56 Smaltire questo materiale e relativi contenitori in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali autorizzato.

S 57 Usare contenitori adeguati per evitare l'inquinamento ambientale.

S 59 Richiedere informazioni al produttore/fornitore per il ricupero/riciclaggio.

S 60 Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi.

S 61 Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni delle speciali schede informative in materia di sicurezza.

S 62 Non provocare il vomito; consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta..

S 63 In caso di incidente per inalazione, allontanare l'infortunato dalla zona contaminata e mantenerlo a riposo.

S 64 In caso di ingestione sciacquare la bocca con acqua (solamente se l'infortunato è cosciente).

La pericolosità di una sostanza aerodispersa viene espressa con il TLV (*Threshold limit value*, valore limite di esposizione), concentrazione di una sostanza inquinante gli ambienti di lavoro a cui si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza subire effetti dannosi, per tutta la durata della vita lavorativa. In genere ci si riferisce ad una normale giornata lavorativa di otto ore per cinque giorni alla settimana (TLV-TWA, *Time weighted average*) o a un periodo massimo di 15 min (TLV-STEL, *Short term exposure limit*). Il TLV attribuito a una sostanza non è ufficiale ma è soltanto un valore orientativo. In Italia sono adottati i TLV stabiliti annualmente dall' ACGIH (*American conference of governmental industrial hygienists*).

Tab. 4. TLV-TWA di alcune sostanze in ambiente confinato (ACGIH).

	<i>mg/m³</i>	<i>Origine</i>
acetone	1188	solventi
acroleina	0,25	surriscaldamento oli commestibili
ammoniaca	17	detergenti
azoto, ossidi	90	combustioni
benzene	1,6	benzina, solventi
carbonio diossido	9000	combustioni
carbonio monossido	29	combustioni incomplete
cloridrico, acido	7	detergenti, disincrostanti
etanolo	1900	solventi, disinfettanti, bevande alcoliche, cosmetici
formaldeide	0,1	disinfettante (non più usata), plastomeri
idrocarburi leggeri	4,4	benzina, solventi
isopropanolo	980	detergenti, solventi
lindano	0,5	insetticidi
mercurio	0,05	strumenti scientifici, disinfettanti
trielina	269	smacchiatori



1. Sostanze esplosive (E) (R 1÷R 6, R 9, R 16, R 18÷R 19, R 44).

Sono esplosive «le sostanze e i preparati che, anche senza l'azione dell'ossigeno atmosferico, possono provocare una reazione esotermica con rapida formazione di gas e che, in determinate condizioni di prova, detonano, deflagrano rapidamente o esplodono in seguito a riscaldamento in condizioni di parziale contenimento». Si devono conservare in luogo fresco, in appositi locali, lontano da sostanze infiammabili. In laboratorio devono ovviamente essere manipolati con molta cautela, operando sotto la cappa di aspirazione (con cielino di poliestere rinforzato e non di vetro), proteggendosi con guanti, occhiali e altri mezzi.

1.1. *Esplosivi per riscaldamento, urto o frizione.*

Esempi: *Nitroderivati alifatici* quali etile nitrato, etile nitrito, nitroglicerolo, nitroglicole, nitromannitolo, pentrite. *Di- e tri- nitroderivati aromatici* quali acido picrammico, tetranitroanilina, tetranitrocarbazoletto, trinitroanisolo, trinitrobenzeni, trinitrocresoli, trinitrofenolo, trinitronaftaleni, trinitrotolueni, trinitroxileni, e *nitrocellulose*. *Perossidi e idroperossidi organici* quali benzoile perossido, idrossicicloesile perossido, mentano idroperossido. *Azidi* (es. PbN_6). Alcuni *sali di ammonio*, come dicromato e perclorato. Alcuni *composti del mercurio*, come fulminato e ossicloruro.

1.2. *Possono provocare esplosioni:*

A contatto con acido solforico: *perclorati, permanganati*. A contatto con cloro e permanganati: *alcoli, eteri, idrocarburi*. A contatto con perossidi, triossido di cromo, acido nitrico: *metalli alcalini*. A contatto con legno, carta, metalli, ruggine, sali metallici e altri materiali esclusi vetro, PE, PP, PVC: *perossidi e idroperossidi organici*. A contatto con legno, carta, paglia, tessili e altri materiali organici: *ossigeno liquido, aria liquida, acido perclorico conc.*



2. Sostanze comburenti (O) (R 7÷R 9).

I comburenti sono «sostanze o preparati che, a contatto con altre sostanze, soprattutto se infiammabili, provocano una forte reazione esotermica». Si devono conservare ovviamente lontano da sostanze combustibili.

2.1. *Sono particolarmente pericolosi a contatto con infiammabili: fluoro. cloriti, clorati, perclorati, cloruro di calce, bromo, bromati, ossigeno liquido, aria liquida, ozono, acqua ossigenata, perossidi, perossosali, acido solforico conc., acido nitrico, nitriti, nitrati, triossido di cromo (anidride cromica), cromile cloruro, permanganati.*



3. Sostanze infiammabili (F) (R10÷R 18, R 30).

La norma UNI 7677 definisce infiammabili «i gas combustibili e i solidi e i liquidi che emettono, in condizioni normali di temperatura e pressione, vapori in grado di consentire lo svolgimento e di mantenere la combustione, indipendentemente dalla sorgente di ignizione cui sono stati sottoposti». Si devono conservare in luogo fresco, lontano da sorgenti di calore e da sostanze comburenti. In laboratorio, devono essere conservati nella quantità strettamente necessaria, in contenitori di volume non superiore a 200-250 ml. Non devono mai essere

riscaldati in recipienti aperti ma sempre usando dispositivi «a ricadere» o in apparecchi di distillazione, evitando l'uso di fiamme e resistenze elettriche scoperte.

Caratteristiche delle sostanze infiammabili sono:

Punto di infiammabilità (flash point), «temperatura alla quale, in condizioni definite, la concentrazione di miscele infiammabili emesse da un solido o da un liquido è tale da raggiungere il limite inferiore di infiammabilità» (UNI 7677).

Temperatura di accensione (ignition temperature), «temperatura minima di una sostanza solida, liquida o gassosa alla quale la sostanza deve essere portata, in aria, per essere suscettibile di mantenere la combustione indipendentemente dalla sorgente di ignizione» (UNI 7677).

Limiti di infiammabilità (flammable limits), «concentrazione massima (limite superiore) e minima (limite inferiore) di miscele infiammabili al di sopra o al di sotto delle quali non può aver luogo la propagazione della fiamma a contatto con una sorgente di ignizione» (UNI 7677).

Esempio: il carbonio solfuro è particolarmente pericoloso perché ha basso punto di infiammabilità (- 30 °C), bassa temperatura di accensione (100 °C), basso punto di ebollizione (46,3 °C) e limiti di infiammabilità, in aria, piuttosto larghi (1,3÷44 %).

3.1. Sostanze estremamente infiammabili (F +).

Sono «le sostanze e i preparati liquidi il cui punto di infiammabilità è inferiore a 0 °C e il cui punto di ebollizione è inferiore o uguale a 35 °C».

Esempi: *Etere etilico, etere di petrolio 30/60, ossido di propilene*. Hanno punto di infiammabilità inferiore a 0 °C ma, pur avendo punto di ebollizione superiore a 35 °C, sono altamente infiammabili: *acetone, benzene, carbonio solfuro, cicloesano, esano, etere isopropilico, etere di petrolio 60/70, ossolano (tetraidrofurano)*.

3.2. Sostanze facilmente infiammabili.

Sono sostanze e preparati che possono incendiarsi o produrre sostanze infiammabili per vari motivi. Classificazione:

3.2.1. «Sostanze che, a contatto con l'aria, alla temperatura ambiente e senza ulteriore apporto di energia, possono riscaldarsi e incendiarsi».

Esempi: *Fosforo giallo. Metalli piroforici* (es. Al, Mg, Zn, Zr piroforico, nichel Raney). *Metallo-alchili* (es. alluminio-alchili, zinco-alchili). *Triclorosilano*.

3.2.2. «Solidi che possono facilmente incendiarsi per la rapida azione di una sorgente di accensione e che continuano a bruciare o a consumarsi anche dopo l'allontanamento della sorgente di accensione».

Esempi: *Fosforo rosso. Polveri metalliche stabilizzate. Zolfo*.

3.2.3. «Sostanze liquide aventi punti di infiammabilità inferiori a 21 °C». Esempi: *Acetile cloruro, acetonitrile, alcole amilico terziario, ter-butanolo, butanone, diossano, etanolo, etile acetato, metanolo, ottano, pentanone, piridina, propile acetato, toluene, vinile acetato, vinile cloruro*.

3.2.4. «Gas infiammabili in aria alla pressione ambiente». Sono gas che possono incendiarsi e/o esplodere in aria per effetto del calore o di scintille elettriche».

Esempi: *Acido solfidrico, butano, etano, etene, etino (acetilene), carbonio ossido, idrogeno, metano, propano, propene*.

In particolare, sono infiammabili i gas liquefatti: *acido solfidrico, butadiene, butano, ciclopropano, etene, etere metilico, etere metil-vinilico, etilammina, etile cloruro, metantiolo, metilammine, metile cloruro, neopentano, ossido di etilene, propano, propene.*

3.2.5. «Sostanze che, a contatto con acqua o con l'aria umida sviluppano gas facilmente infiammabili, in quantità pericolosa».

Esempi: *Alcossidi* (es. $(C_3H_7O)_3Al$). *Idruri* (es. CaH_2 , NaH , $LiAlH_4$), *Metalli alcalini e alcalino-terrosi* (Li, K, Na, Ca, ecc.). *Metalli piroforici o in polvere stabilizzata* (Al, Mg, ecc.). *Metallo-alchili* (Mg-alchili, Al-alchili, ecc.). *Carburi* (es. CaC_2). *Fosfuri* (es. Ca_3P_2). *Triclorosilano*. In particolare, reagiscono violentemente con l'acqua i *metalli alcalini*, i *metallico-alchili*, gli *alcossidi alcalini* e la *sodioammide*.

3.3. Sostanze infiammabili.

Sono le «sostanze e i preparati liquidi il cui punto di infiammabilità è compreso tra 21 °C e 55 °C».

Esempi: *Acido acetico, n-butanolo, idrazina, n-propanolo, ragia, ragia minerale, xileni*. Molte sostanze, non comprese nella classificazione CEE, possono esplodere o sviluppare gas tossici o infiammabili a contatto con determinate sostanze.

A contatto con ossidanti: *acido acetico, acido cloridrico, metalli alcalini*. A contatto con acidi: *calce cloruro, cianuri, clorati, cloriti, ipocloriti, magnesio, perclorati, perossido di benzoile, solfuri*. A contatto con metalli: *acidi in genere, acqua ossigenata*. A contatto con metalli e sali metallici: *acido picrico, cloro*. A contatto con acido solforico conc.: *perclorati, permanganati* (possono esplodere). A contatto con alcoli, eteri, idrocarburi e gas infiammabili: *cloro, permanganati* (possono esplodere).



4. Sostanze tossiche (T) (R 23÷29, R 31÷R 32),

Sono tossiche «le sostanze e i preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi gravi, acuti o cronici, e anche la morte», provocando lesioni anche gravi agli organi vitali: sistema nervoso, reni, vie respiratorie, ecc. Le sostanze tossiche si devono conservare in armadi chiusi a chiave e manipolare, in laboratorio, calzando guanti protettivi, sotto la cappa o in glove-box usando, per quelle più temibili, maschere antigas. E' indispensabile la massima pulizia delle mani e dei posti di lavoro; le mani si devono lavare con acqua e detersivi *ma non con solventi*, che possono favorire la penetrazione cutanea della sostanza tossica. Una buona regola è non usare la vetreria da laboratorio come contenitore per cibi e bevande. Malgrado queste precauzioni, il continuo contatto con sostanze tossiche causa malattie professionali anche croniche, come ad es. il *saturnismo* da piombo l'*idrargirismo* da mercurio, l'*asbestosi* e il *cancro* da amianto.

4.1. Sostanze molto tossiche (T+).

Esempi: *Alcaloidi* quali aconitina, atropina, brucina, colchicina, fisostigmina, iosciamina, nicotina, pilocarpina, scopolamina, stricnina. *Alcoli* come l'alcile allilico. *Composti alogenati* quali acido fluoridrico, acido fluoroacetico, acido iodoacetico, allile cloruro, boro tricloruro, boro trifluoruro, bromo, carbonio tetracloruro, cloridrina etilenica, cloronitroaniline, cloropicrina, etere dicloroetilico, etere diclorometilico, etile bromoacetato, fluoro, fluoroacetammide, fosforo bianco, fosgene, metile bromuro, pentacloroetano, propile

bromuro, tetrabromoetano, tetracloroetano. *Ammine aromatiche* quali o-anisidina, benzidina, dianisidina, β -naftilammina. *Epossidi*, come ad es. l'ossido di etilene. *Composti arsenicali* come ad es. l'arsano. *Composti azotati* quali aziridina, dinitroanilina, dinitrobenzeni, dinitrocresoli, ipoazotide, nitroanisidina, nitrobenzene, nitrodiglicole, nitroglicerina, nitroglicole, sodio azoturo, trinitrobenzeni, trinitroclorobenzeni. *Berillio e composti*. *Composti cianici* quali acetonecianidrina, acido cianidrico, cianuri, diisocianati. *Composti fosforati* quali esteri fosforici e fosfonici (pesticidi), fosfine, fosforo bianco, fosfuri. *Composti del mercurio*. *Piombo-alchili* quali TEL, TEM (antidetonanti per benzine, ora in disuso). *Composti solforati* come acido solfidrico, carbonio solfuro, dimetilsolfato. *Tallio e composti*. *Uranio e composti*.

4.2. Sostanze che a contatto con acidi sviluppano gas tossici.

Esempi. *Cianuri* (sviluppano acido cianidrico), *ipocloriti* (sviluppano cloro).

4.3. Asfissianti semplici.

Molti gas e vapori non sono tossici ma se presenti nell'aria in alta concentrazione sono pericolosi, diminuendo la concentrazione dell'ossigeno, in condizioni normali non inferiore al 18 %, corrispondente ad una pressione parziale di 135 torr.

4.3.1. Non infiammabili: *azoto, diossido di carbonio, gas nobili*.

4.3.2. Infiammabili: *butano, etano, etene, etino, idrogeno, metano, propano, propene*.



5. Sostanze nocive (Xn) (R 20÷R 22).

Sono nocive «le sostanze e i preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono comportare rischi di gravità limitata». Si può affermare che tutte le sostanze chimiche sono nocive; i danni prodotti dipendono dalla natura della sostanza e dalle dosi assorbite; è risaputo che sono nocive, in forti dosi, anche sostanze alimentari quali gli zuccheri.

L'assegnazione di una sostanza ad una delle tre classi (molto tossiche, tossiche e nocive) viene fatta in base ai valori DL_{50} e CL_{50} (tab. 5). La prima sigla significa *dose letale*, quantità in milligrammi di sostanza, riferita a 1 kg di massa corporea dell'animale sperimentale, che provoca la morte del 50 % dei soggetti. La seconda significa *concentrazione letale*, concentrazione di sostanza, espressa in milligrammi al litro in aria, che provoca la morte del 50 % degli animali sperimentali, dopo inalazione di 4 h.

Tab. 5. Direttiva CEE 79/831.

sostanze	DL_{50} orale su ratto mg/kg	DL_{50} cutanea su ratto o coniglio mg/kg	CL_{50} inalatoria su ratto mg/l /4 h
molto tossiche	≤ 25	≤ 50	$\leq 0,5$
tossiche	$25 \div 200$	$50 \div 400$	$0,5 \div 2$
nocive	$200 \div 2000$	$400 \div 2000$	$2 \div 20$

Esempi: *Acido ossalico e sali, bario sali (BaSO₄ escluso), cicloesano, cloroformio, diossano, etilenglicole, iodio, manganese diossido, mercurio(I) cloruro, potassio permanganato, tiocianati*.



6. Sostanze corrosive (C) (R 34÷R 35).

Sono corrosive le «sostanze e i preparati che, a contatto con i tessuti vivi, possono esercitare su di essi azione distruttiva». In laboratorio, è consigliabile conservare i recipienti delle sostanze corrosive nelle parti più basse delle scaffalature, meglio se posti in bacinelle di materiale inattaccabile. Le stesse ditte produttrici confezionano alcuni corrosivi in flaconi, posti a loro volta in contenitori più grandi pieni di farina fossile o altro materiale adsorbente. La manipolazione delle sostanze corrosive richiede l'uso di adeguati mezzi protettivi come occhiali, guanti, maschere, tute.

Esempi: *Acidi forti* come acido cloridrico > 25 %, acido nitrico, acido perclorico, acido solforico > 15 %, acido tricloroacetico, cloridrina solfonica, oleum. *Acidi deboli* come acido acetico, acido fluoridrico, acido formico, acido fosforico > 25 %. *Ossidi* come anidride acetica, anidride fosforica, ossidi di azoto. *Basi forti* come idrossidi alcalini > 5 %, ossidi, perossidi alcalini e alcalino-terrosi. *Basi deboli* come ammoniaca e idrazina. *Metalli alcalini e alcalino-terrosi e metallo-alchili*. *Sali ed esteri* fortemente acidi (es. argento nitrato, alluminio cloruro, sodio idrogenosolfato, dimetilsolfato) o fortemente basici (es. carbonati, ipocloriti, solfuri, silicati alcalini). *Alogeni e alogenuri* come acetile cloruro, allile cloruro, alluminio cloruro, antimonio cloruri, bromo, cloro, clorobenzaldeide, cromile cloruro, fluoro, fosforo cloruri, iodio, solforile cloruro, stagno(IV) cloruro, tionile cloruro, titanio cloruro, zinco cloruro, zolfo cloruri. *Formaldeide*. *Ghiaccio secco*.



7. Sostanze irritanti (Xi) (R 36÷R 38).

Sono irritanti le «sostanze e i preparati non corrosivi il cui contatto immediato, prolungato o ripetuto con la pelle e le mucose, può provocare un'azione infiammatoria».

Esempi: *Acido cloridrico* 10-25 %, *acido fosforico* 10-25 %, *acido solforico* 5-15 %, *ammoniaca* 10-15 %, *formaldeide* 5-30 %, *potassio idrossido e sodio idrossido* 1-5 %, *sodio ipoclorito* 5-10 %.

In particolare, vengono detti *sensibilizzanti* (R42÷R 43) gli irritanti (es. formaldeide) che possono dar luogo ad una reazione di sensibilizzazione per cui una successiva esposizione alla sostanza produce reazioni avverse caratteristiche.



8. Sostanze cancerogene (T, Xn) (R 40, R 45, R 49)

Sono *cancerogene* le «sostanze e i preparati che, per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea, possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza».

La CEE suddivide le sostanze cancerogene in tre categorie.

8.1. *Categoria 1*. Sostanze note per gli effetti cancerogeni sull'uomo (simb. T). Esempi: *Acido arsenico e sali, arsenico ossido, amianto (fuorilegge in Italia dal 1992) [actinolite, amosite, antofillite, crisolite (la legge n. 257 del 1992 stabilisce un TLV di 0,6 fibre al cm³ di aria), crocidolite, tremolite], 4-amminodifenile, benzene, benzidina, benzopirene (presente nel fumo del tabacco), butadiene, catrame di carbone, diclorometilene, idrocarburi aromatici particolati, naftilammine e sali, nichelio solfuro, vinile cloruro, zinco cromato.*

8.2. *Categoria 2*. Sostanze da considerare cancerogene per l'uomo (Simb. T). Esempi: *Acrilammide, azobenzene, azocoloranti, benzile cloruro, berillio e composti (silicati esclusi), cadmio fluoruro, cadmio ossido, cromo(VI) sali, dimetilsolfato, 2,5-dinitrotoluene, esaclorobenzene, fenoli grezzi, fenantrene, fenilidrazina e sali, fumo del tabacco, furano, nitrosoammine, potassio bromuro, propilene ossido, safrolo.*

8.3. *Categoria 3*. Sostanze da considerare con sospetto per possibili effetti cancerogeni (simb. Xn).

Esempi: *Acetaldeide, anilina, antimonio ossidi, cadmio solfuro, cloroformio, DDT, diossano, formaldeide, furfurale, idrazina, idrochinone, nichelio sali, piombo acetato, vinilpirrolidone.*



9. Sostanze mutagene (T, Xn) (R 46, R 61, R 63).

Sono *mutagene* «le sostanze e i preparati che per inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne la frequenza»; possono quindi provocare modificazioni irreversibili del patrimonio genetico. La CEE suddivide le sostanze mutagene in tre categorie:

9.1. *Categoria 1*. Sostanze note per gli effetti mutageni sull'uomo (Simb. T). Esempio: *Benzo[2,3]fenantro[4,5]tiofene.*

9.2. *Categoria 2*. Sostanze da considerare mutagene per l'uomo (simb. T).
Esempi: *Acrilammide, butadiene, propilene ossido.*

9.3. *Categoria 3*. Sostanze da considerare con sospetto per possibili effetti mutageni (simb. Xn).

Esempi: *2-amminofenolo, 2,5-dinitrotoluene.*



10. Sostanze tossiche per il ciclo riproduttivo (T, Xn) (R 60÷R 62).

Sono tossiche per la riproduzione «le sostanze e i preparati che per inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo, possono provocare o rendere più frequenti effetti nocivi nella prole o danni a carico della funzione o delle capacità riproduttive maschili e femminili». Le CEE le suddivide in tre categorie.

10.1. *Categoria 1*. Sostanze che danneggiano la fertilità degli esseri umani e sostanze che provocano effetti tossici sullo sviluppo (simb. T).

Esempi: *Bromopropani.*

10.2. *Categoria 2*. Sostanze che possono eventualmente danneggiare la fertilità umana e sostanze che possono provocare effetti tossici sullo sviluppo negli esseri umani (simb. T).
Esempi: *Acido metossiacetico, cadmio fluoruro, 2-5-dinitrotoluene, formammide, isobutile ftalato.*

10.3. *Categoria 3*. Sostanze sospette per la fertilità umana e sostanze sospette per possibili effetti tossici sullo sviluppo (simb. Xn).

Esempi: *Acrilammide, 2,5-dinitrotoluene, furano, trimetilstagno acetato,*

In particolare, si denominano *teratogene* (dal gr. *tératos*, mostro) le sostanze e i preparati che provocano teratogenesi, deformazione prenatale della struttura corporea o di singoli organi. E' tristemente famoso il caso dell'immide α -ftaloilglutarica (*talilomide*), un anti-nausea assunto nel 1962 da donne incinte, dalle quali sono nati bambini focomelici.



11. Sostanze pericolose per l'ambiente (N) (R 50÷R 59).

Sono pericolose per l'ambiente «le sostanze che, diffuse nell'ambiente, possono presentare rischi immediati o differiti per una o più delle componenti ambientali».

11.1. Sostanze che possono provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.

11.1. Sostanze tossiche o nocive per l'ambiente acquatico.

11.2. Sostanze tossiche per la flora.

11.3. Sostanze tossiche per la fauna e in particolare per le api.

Una fonte di inquinamento tipica delle città dal traffico intenso è il cosiddetto *particolato*, insieme di polveri e particelle liquide disperse nell'aria, indicate con la sigla PM (*particulate matter*) seguita dal diametro massimo delle particelle disperse espresso in micrometri (μm). Una classificazione è la seguente: *particolato grossolano* ($> \text{PM}_{10}$) che non penetra nel tratto respiratorio; *polvere inalabile* ($< \text{PM}_{10}$) che può penetrare nel naso e nella laringe; *particolato fine* ($< \text{PM}_{2,5}$) che può penetrare nei polmoni; *particolato ultrafine* ($< \text{PM}_1$) che può penetrare negli alveoli polmonari. I valori massimi per la media annuale stabiliti dalla CE per la concentrazione delle PM_{10} sono $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fino al 1 febbraio 2010 e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oltre questa data. I valori massimi giornalieri sono $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per entrambi i periodi. I numeri massimi di superamento consentiti in un anno sono 35 per il primo periodo e 7 per il secondo.

Legislazione

Direttive CEE: 67/548, 69/81, 70/179, 71/144, 73/146, 75/409, 76/907, 79/831 80/107, 82/605, 83/477, 86/188, 88/379, 88/642, 89/178, 90/35, 90/135, 90/135, 90/492, 91/155, 91/442, 92/32, 93/18, 93/21, 94/54.

Direttive CE: 96/62, 96/65, 99/30, 99/45, 2000/32, 2000/33, 2001/58, 2001/59, 2001/60, 2004/73.