



# **Manuale di Sicurezza nel Laboratorio Chimico**

**Versione 1.0**

**Marzo 2009**

## Indice

1. Premessa
2. Agenti chimici
  - 2.1 Identificazione degli agenti chimici
  - 2.2 Classificazione degli agenti chimici
  - 2.3 Frasi R e Frasi S
  - 2.4 Classificazione delle sostanze cancerogene e mutagene
  - 2.5 Etichetta
  - 2.6 Scheda di sicurezza
  - 2.7 Il rischio nella manipolazione delle sostanze e dei preparati
3. Gas compressi e liquidi criogenici
  - 3.1 Definizioni
  - 3.2 Identificazione del gas
  - 3.3 Movimentazione delle bombole
  - 3.4 Precauzioni necessarie nell'impiego delle bombole
  - 3.5 Stoccaggio e deposito delle bombole
  - 3.6 Messa in esercizio
  - 3.7 Sistemi di decompressione centralizzati
4. Liquidi criogenici
  - 4.1 I pericoli nell'uso dei liquidi criogenici
  - 4.2 Proprietà dei fluidi criogenici
  - 4.3 Precauzioni da adottare nella manipolazione dei liquidi criogenici
  - 4.4 Apparecchiature per liquidi criogenici: installazione, manutenzione ed uso
  - 4.5 Procedure di emergenza
5. Le apparecchiature
  - 5.1 Apparecchiature operanti a pressione diversa da quella atmosferica
  - 5.2 Frigoriferi e congelatori
  - 5.3 Dispositivi per il mescolamento e l'agitazione
  - 5.4 Omogenizzatori, sonicatori
  - 5.5 Dispositivi per il riscaldamento
  - 5.6 Ultrasonicatori
  - 5.7 Centrifughe
  - 5.8 Autoclavi
  - 5.9 Dispositivi per elettroforesi
  - 5.10 Vetreria
  - 5.11 Strumenti automatici di analisi
6. Dispositivi di protezione collettiva
  - 6.1 Cappe chimiche ad espulsione d'aria
  - 6.2 Cappe chimiche a ricircolo d'aria
  - 6.3 Camere a guanti o "glove box"
  - 6.4 Utilizzo corretto della cappa chimica
  - 6.5 Limitazioni ed errori comuni nell'utilizzo della cappa chimica
  - 6.6 Manutenzione e controlli periodici della cappa chimica
  - 6.7 Criteri di valutazione dell'efficienza di aspirazione
  - 6.8 Scelta del sistema di aspirazione in funzione del tipo di sostanze
  - 6.9 Altri dispositivi di captazione

7. Dispositivi di protezione individuale
  - 7.1 Protezione degli occhi
  - 7.2 Protezione del corpo
  - 7.3 Protezione delle mani
  - 7.4 Protezione delle vie respiratorie
8. La segnaletica di sicurezza
9. Lavorare in sicurezza: pratiche e procedure
  - 9.1 Prima di cominciare
  - 9.2 Norme di comportamento generali
  - 9.3 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti infiammabili
  - 9.4 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti corrosivi
  - 9.5 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti cancerogeni
  - 9.6 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti perossidabili
  - 9.7 Lo stoccaggio dei prodotti chimici
  - 9.8 Il trasporto dei prodotti chimici
  - 9.9 Lo scale-up delle reazioni chimiche
  - 9.10 Reazioni over-night
  - 9.11 Lavorare da soli
  - 9.12 La gestione dei rifiuti in laboratorio
10. Procedure di emergenza
  - Introduzione,
  - Numeri utili
  - La tutela del soccorritore
  - Piano Emergenza interno
  - Procedure di Evacuazione
  - Primo Soccorso
  - Versamento

Allegato 1 – Elenco Frasi R

Allegato 2 – Elenco Frasi S

## 1. Premessa

La vigente normativa sulla sicurezza e sulla salute sul luogo di lavoro (**Decreto Legislativo n°81/2008, comunemente detto Testo Unico sulla Sicurezza**) sottolinea la necessità di adottare idonee iniziative rivolte alla formazione ed informazione del personale, nonché di tutti i soggetti (allievi interni, borsisti, titolari di incarichi di collaborazione etc.) che svolgono attività nelle strutture dell'Istituto di Ricerche sulla Combustione del CNR e del Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Questo manuale è stato preparato a cura del Servizio di Prevenzione e Protezione per fornire un riferimento ed un supporto informativo semplice e maneggevole a tutti coloro che, a vario titolo, frequentano e svolgono attività di ricerca presso i laboratori dell' IRC e del Dipartimento di Ingegneria Chimica.

Il primo passo (Capitolo 2) è quello di riconoscere la pericolosità intrinseca delle sostanze chimiche utilizzate, identificando in maniera univoca il prodotto, sapendone leggere l'etichetta e la scheda di sicurezza, e collocandolo correttamente nell'ambito delle classificazioni delle sostanze chimiche stabilite dalla comunità internazionale.

Le sostanze impiegate in un laboratorio chimico possono distinguersi non solo per le loro caratteristiche chimico-fisiche o tossicologiche ma anche per lo stato fisico in cui sono conservate ed utilizzate. Nei Capitoli 3 e 4 verranno illustrate le caratteristiche dei gas compressi e dei liquidi



criogenici, ed in particolare le corrette modalità di stoccaggio, di movimentazione e di utilizzo.

Nell'attività quotidiana di un laboratorio chimico vengono usate diverse tipologie di apparecchiature per riscaldare, raffreddare, evaporare, distillare, mescolare, determinare, ecc. La loro corretta installazione, manutenzione ed uso sono oggetto del Capitolo 5.

Chi lavora in laboratorio può e deve dotarsi di dispositivi di protezione individuali e collettivi. La loro descrizione, il funzionamento, le modalità di utilizzo saranno oggetto di trattazione nei Capitoli 6 e 7.

Il Capitolo 8 è rivolto alla presentazione e comprensione della segnaletica di sicurezza.

Le corrette pratiche e modalità di comportamento in laboratorio sono presentate, con riferimento a differenti scenari di rischio potenziale, nel Capitolo 9.

Infine il Capitolo 10 presenta le Procedure di Emergenza da adottare nell'eventualità di scenari incidentali.

In appendice le frasi R ed S.

## 2. Agenti chimici

Una delle regole più importanti da seguire per lavorare in un laboratorio chimico in sicurezza è conoscere il prodotto chimico che si sta manipolando. Dietro al termine "conoscere" si nasconde in realtà la nostra capacità di identificarlo chiaramente, di conoscere le proprietà della classe di composti a cui appartiene, di saper leggere velocemente l'etichetta che lo contraddistingue e più attentamente la scheda di sicurezza che lo accompagna, fino ad utilizzare anche dati on-line fonte di molte informazioni chimiche e tossicologiche sulle sostanze in commercio. Di seguito vengono date alcune definizioni che possono essere utili nel proseguo del capitolo.

<b>Agenti chimici</b>	Tutti gli elementi o composti chimici, sia da soli sia nei loro miscugli, allo stato naturale o ottenuti, utilizzati o smaltiti, compreso lo smaltimento come rifiuti, mediante qualsiasi attività lavorativa, siano essi prodotti intenzionalmente o no e siano immessi o no sul mercato.
<b>Agenti chimici pericolosi</b>	Le sostanze o preparati classificati come pericolosi ma anche agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro.
<b>Sostanze</b>	Gli elementi chimici e i loro composti allo stato naturale o ottenuti mediante qualsiasi procedimento di produzione, contenenti le impurezze derivanti dal procedimento impiegato ed eventualmente gli additivi necessari alla loro immissione sul mercato.
<b>Preparati</b>	Le miscele e le soluzioni costituite da due o più sostanze.

L'etichettatura e le schede di sicurezza che accompagnano i prodotti chimici pericolosi sono i mezzi di informazione principale del pericolo e saranno illustrate nei paragrafi 2.5 e 2.6. Per saper leggere bene sia le etichette che le schede di sicurezza occorre però prima familiarizzare con le modalità che la comunità internazionale si è data per identificare e classificare le sostanze chimiche.

### 2.1 Identificazione degli agenti chimici

Tutte le sostanze chimiche sono identificabili oltre che dal loro nome IUPAC anche dal numero CAS. Il numero CAS è un identificativo numerico che individua in maniera univoca un [composto chimico](#). Il Chemical Abstract Service (CAS), una divisione della [American Chemical Society](#), assegna questi identificativi ad ogni sostanza chimica descritta in letteratura. Attualmente oltre 30 milioni di

composti hanno ricevuto un numero CAS e circa 7000 vengono aggiunti ogni giorno. La maggior parte dei database chimici permettono di fare ricerche in base al numero CAS.

Il numero CAS è costituito da tre sequenze di numeri separati da trattini. Il primo gruppo è costituito da un numero variabile di cifre, fino a sei, il secondo da due cifre, mentre il terzo ed ultimo gruppo è costituito da una singola cifra che serve da codice di controllo. I numeri sono assegnati in ordine progressivo e non hanno quindi nessun significato chimico. Il codice di controllo viene calcolato moltiplicando ciascuna cifra da destra a sinistra per un numero intero progressivo (la cifra più a destra va moltiplicata per 1, quella immediatamente a sinistra per 2 e così via), sommando i vari termini e calcolando poi il modulo 10 della somma così ottenuta. Per esempio il numero CAS dell'acqua è 7732-18-5 ed il codice di controllo (5) è dato da  $(8 \times 1 + 1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + 7 \times 5 + 7 \times 6) \text{ mod } 10 = 105 \text{ mod } 10 = 5$ .

Se una molecola ha più isomeri a ciascun isomero sarà assegnato un numero CAS differente. Per esempio il numero CAS del D-glucosio è 50-99-7 mentre quello del L-glucosio è 921-60-8. In alcuni casi particolari ad una intera classe di composti è stato assegnato un unico numero CAS; per esempio tutte le alcol deidrogenasi hanno come numero CAS 9031-72-5.

Le sostanze chimiche immesse sul mercato dell'Unione Europea prima del 18 settembre 1981 sono inoltre identificabili anche da un numero EINECS (European INventory of Existing Commercial chemical Substances), mentre quelle immesse dopo tale data sono caratterizzate da un numero ELINCS (European List of Notified Chemical Substances).

## 2.2 Classificazione degli agenti chimici

Gli agenti chimici possono essere classificati secondo categorie di pericolo. Di seguito sono riportate le indicazioni, i simboli ed i pittogrammi che corrispondono a ciascuna categoria.

Categoria di pericolo	Simbolo	Pittogramma	Indicazioni
Esplosivo	<b>E</b>		Sostanze e 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 possono esplodere, detonare o deflagrare.
Comburente	<b>O</b>		Sostanze e preparati in grado di fornire ossigeno e, pertanto, di alimentare un incendio anche in assenza di aria. A contatto con altre sostanze, soprattutto se infiammabili, provocano una forte reazione esotermica
Estremamente infiammabile	<b>F+</b>		Sostanze e preparati i cui gas e vapori formano con l'aria miscele esplosive e/o infiammabili capaci di innescarsi facilmente per qualsiasi fonte di calore (punto di infiammabilità < 0 °C)

Facilmente infiammabile	<b>F</b>		Sostanze e preparati i cui gas e vapori formano con l'aria miscele esplosive e/o infiammabili in presenza di innesco (punto di infiammabilità < 21 °C)
Infiammabile	<i>nota 1</i>		Sostanze e preparati i cui gas e vapori formano con l'aria miscele esplosive e/o infiammabili in presenza di innesco (punto di infiammabilità < 55 °C)
Molto tossico	<b>T+</b>		Sostanze e preparati in grado di provocare, anche in piccolissime dosi, gravi danni alla salute, fino alla morte
Tossico	<b>T</b>		Sostanze e preparati che possono provocare, anche in piccole quantità, seri danni alla salute, con effetti anche letali
Nocivo	<b>Xn</b>		Sostanze e preparati che possono provocare danni alla salute più o meno gravi, in relazione alle quantità.
Corrosivo	<b>C</b>		Sostanze e preparati in grado di provocare lesioni alla pelle e alle mucose
Irritante	<b>Xi</b>		Sostanze e preparati che possono provocare arrossamenti e reazioni infiammatorie della pelle e delle mucose
Sensibilizzante	<i>nota 2</i>		Sostanze e preparati che possono provocare, per inalazione o assorbimento cutaneo, una reazione di ipersensibilizzazione, per la quale una successiva esposizione provoca fenomeni allergici
Cancerogeno	<i>nota 3</i>		Sostanze e preparati che possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza
Mutageno	<i>nota 4</i>		Sostanze e preparati che possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne la frequenza
Tossico per il ciclo riproduttivo	<i>nota 4</i>		Sostanze e preparati che possono provocare o rendere più frequenti effetti nocivi non ereditari nella prole o danni a carico della funzione o delle capacità riproduttive maschili o femminili

Pericoloso l'ambiente	per	<b>N</b>		Sostanze e preparati che qualora si diffondano in ambiente presentano o possano presentare rischi immediati o differiti per una o più componenti ambientali
--------------------------	-----	----------	---	---

nota 1: le sostanze infiammabili non hanno pittogramma ma le caratteristiche di infiammabilità sono indicate dalle frasi di rischio (R10)

nota 2: le sostanze sensibilizzanti non hanno pittogramma ma possono essere indicate con quelli delle sostanze nocive ed irritanti e con le relative frasi di rischio

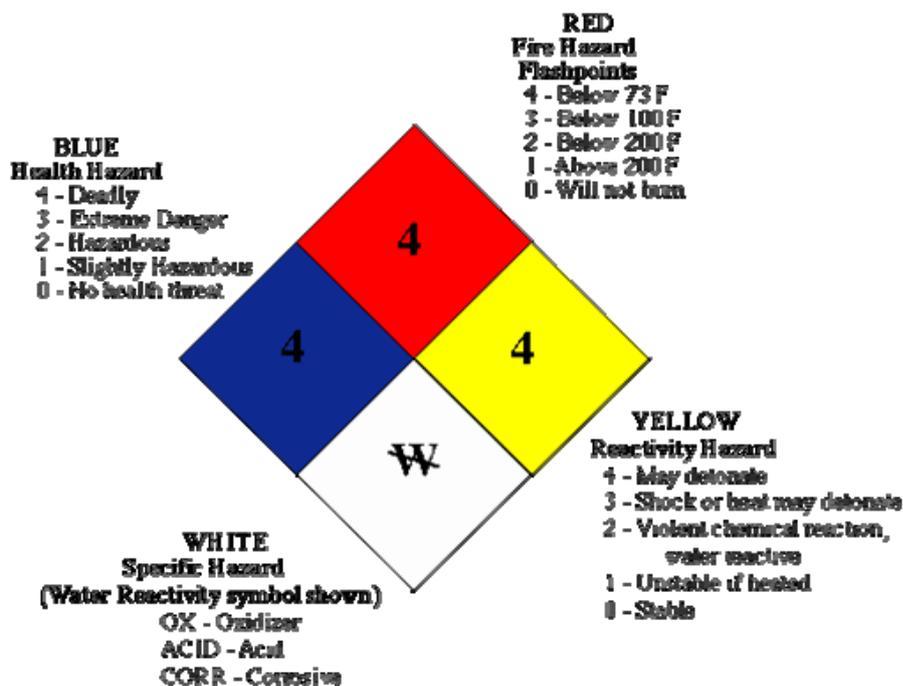
nota 3: le sostanze cancerogene non hanno pittogramma ma possono essere indicate con quelli delle sostanze nocive e tossiche e con le relative frasi di rischio.

nota 4: le sostanze mutagene e teratogene non hanno pittogramma ma possono essere indicate con quelli delle sostanze nocive e tossiche e con le relative frasi di rischio.

Nell'[Unione Europea](#) i simboli di rischio chimico, neri in un quadrato arancione incorniciato di nero, sono stati codificati dall' [European Chemicals Bureau](#) e recepiti dalla legislazione italiana; non è però l'unico modo di identificare i pericoli chimici.

Esiste anche un altro sistema di identificazione dei pericoli associati con le sostanze e i prodotti chimici ed è quello adottato dalla National Fire Protection Agency (NFPA) statunitense che sebbene sia nato per la protezione dal rischio incendio ora è adottato anche per prodotti chimici negli Stati Uniti. Esso è basato su un codice colore con numeri e lettere distribuiti in una forma a losanga (diamond) come riportato qui sotto.

I campi blu, rosso e giallo riportano rispettivamente i pericoli associati alla tossicità, all'infiammabilità e alla reattività della sostanza quantificati mediante una scala che per ciascun pericolo varia da 0 a 4 dove 0 rappresenta un pericolo assente e 4 quello più elevato.



Nella losanga bianca vengono riportati simboli che richiamano specifiche precauzioni da adottare nella manipolazione del prodotto chimico. Il campo può anche rimanere bianco se non vi sono indicazioni particolari. Solo due di questi simboli sono effettivamente stati introdotti dalla NFPA gli altri sono ormai entrati nell'uso comune.

Simboli introdotti dalla NFPA		Simboli di uso comune	
	Sostanze estremamente reattive con l'acqua	<b>ACID</b>	Sostanze acide
<b>OX</b>	Sostanze con proprietà ossidanti	<b>ALK</b>	Sostanze basiche
		<b>COR</b>	Sostanze corrosive
			Sostanze radioattive

Health Hazard	Fire Hazard	Reactivity Hazard
<p><b>4</b> Materials which on very short exposure could cause death or major injury, even with prompt medical attention.</p> <p><b>3</b> Materials which on short exposure could cause death or major injury even though prompt medical treatment is given.</p> <p><b>2</b> Materials which on intense or continued exposure could cause temporary incapacitation or possible residual injury unless prompt medical treatment is given.</p> <p><b>1</b> Materials which on exposure would cause irritation but only minor residual injury, even if no treatment is given.</p> <p><b>0</b> Materials which on exposure under fire conditions would offer no hazard beyond that of ordinary combustible materials.</p>	<p><b>4</b> Materials which will rapidly vaporize at atmospheric pressure and normal temperature, or which are readily dispersed in air and which will burn readily.</p> <p><b>3</b> Liquids and solids that can be ignited under almost all temperature conditions.</p> <p><b>2</b> Materials that must be moderately heated or exposed to relatively high ambient temperatures before ignition can occur.</p> <p><b>1</b> Materials that must be preheated before ignition can occur.</p> <p><b>0</b> Materials that will not burn.</p>	<p><b>4</b> Materials which are readily capable of detonation or of explosive decomposition or reaction at normal temperatures and pressures.</p> <p><b>3</b> Materials which in themselves are capable of detonation or explosive reaction but require a strong initiating source or which must be heated under confinement before initiation or which react explosively with water.</p> <p><b>2</b> Materials which are normally unstable and readily undergo violent chemical change but do not detonate. Also materials which may react violently with water or which may form explosive mixtures with water.</p> <p><b>1</b> Materials which are normally stable, but which can become unstable at elevated temperatures and pressures or which may react with water with some release of energy but not violently.</p> <p><b>0</b> Materials which are normally stable, even under fire exposure conditions, and which are not reactive with water.</p>

## 2.3 Frasi R e Frasi S

Si dicono frasi R e frasi S frasi codificate dall'Unione Europea tramite l'emanazione di direttive europee poi recepite nei singoli stati membri (Allegato III DM 03/12/1985 e s.m.i.).

Sono chiamate frasi R le frasi convenzionali che descrivono i rischi specifici attribuiti alle sostanze e preparati pericolosi. Ad ogni frase è associato un codice univoco composto dalla lettera R seguita da un numero. L'elenco completo delle frasi R è riportato in Allegato 1.

Sono chiamate frasi S le frasi convenzionali che descrivono i consigli di prudenza cui attenersi in caso di manipolazione di sostanze chimiche. Ad ogni frase è associato un codice univoco composto dalla lettera S seguita da un numero. L'elenco completo delle frasi S è riportato in Allegato 2.

Le frasi R e S sono continuamente riviste dalla comunità europea, questo è il motivo per cui osservando attentamente gli elenchi si noterà la mancanza di alcuni numeri, attualmente è stata recepita con il DM 28/02/2006 la Direttiva 2004/73/CE riportante il 29° adeguamento al progresso tecnico.

Per risalire alle frasi R e S associate ad una sostanza, e quindi alle indicazioni di pericolo ed ai consigli di prudenza, normalmente si consultano i cataloghi commerciali, più correttamente occorrerebbe far riferimento alla sua scheda di sicurezza prestando attenzione alla concentrazione del prodotto in uso. Le frasi R e S possono variare al variare della concentrazione del prodotto.

Di seguito viene riportato un estratto del DM 03/12/1985 e s.m.i. per una sostanza quale l'acido cianidrico.

Index N.	006-006-01-7		
Ec N.	200-821-6		
Cas N.	74-90-8		
Note	B		
HCN.....%			
IT:	cianuro di idrogeno ...% acido cianidrico ...%		
Classificazione	T+;R26/27/28 N;R50-53		
Etichettatura	T+ 	N 	
R:	26/27/28-50/53		
S:	(1/2-)7/9-16-36/37-38- 45-60-61		
Limiti di concentrazione			

$C \geq 25\%$ : T+, N; R26/27/28-50-53

$7\% \leq C < 25\%$ : T+, N; R26/27/28-51-53

$2,5\% \leq C < 7\%$ : T, N; R23/24/25-51-53

$1\% \leq C < 2,5\%$ : T, N; R23/24/25-52-53

$0,25\% \leq C < 1\%$ : Xn; R20/21/22-52-53

$0,1\% \leq C < 0,25\%$ : Xn; R20/21/22

Aggiornamenti: Modificata 29° Adeguamento – Direttiva 2004/73/CE

## 2.4 Classificazione delle sostanze cancerogene e mutagene

### Sostanze cancerogene

Come abbiamo visto sono classificate cancerogene tutte le sostanze ed i preparati che, per inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo, possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza, Secondo i criteri ufficiali dell'Unione Europea, recepiti dal nostro ordinamento legislativo, sono suddivise in tre categorie.

<b>Categoria 1</b>	Sostanze note per gli effetti cancerogeni sull'uomo. Esistono prove sufficienti per stabilire un nesso causale tra l'esposizione dell'uomo alla sostanza e lo sviluppo di tumori
<b>Categoria 2</b>	Sostanze che dovrebbero considerarsi cancerogene per l'uomo. Esistono elementi sufficienti per ritenere verosimile che l'esposizione dell'uomo alla sostanza possa provocare lo sviluppo di tumori, in generale sulla base di: adeguati studi a lungo termine effettuati sugli animali; altre informazioni specifiche
<b>Categoria 3</b>	Sostanze da considerare con sospetto per i possibili effetti cancerogeni sull'uomo per le quali tuttavia le informazioni disponibili non sono sufficienti per procedere ad una valutazione soddisfacente. Esistono alcune prove ottenute da adeguati studi sugli animali che non bastano tuttavia per classificare la sostanza nella categoria 2.

Una sostanza viene inserita nella categoria 1 in base ai dati epidemiologici mentre la collocazione nelle categorie 2 e 3 si basa fondamentalmente sugli esperimenti sugli animali. Per classificare una sostanza come cancerogena della categoria 2 è necessario disporre di risultati positivi in due specie di animali, o di prove positive evidenti in una specie, nonché di altri elementi quali i dati sulla genotossicità, gli studi metabolici o biochimici, l'induzione di tumori benigni, la relazione strutturale con altre sostanze cancerogene note, o i dati derivanti da studi epidemiologici che mettano in relazione la sostanza con l'insorgenza della malattia. La distinzione tra le categorie 2 e 3 si fonda sulle informazioni elencate di seguito che ridimensionano la rilevanza di tumori indotti per via sperimentale:

- effetti cancerogeni solo in presenza di dosi molto elevate;
- comparsa di tumori solo in determinati organi di alcune specie note per la loro propensione all'insorgenza spontanea dei tumori;
- comparsa dei tumori solo nel punto di applicazione;
- mancanza di genotossicità in prove a breve termine in vivo ed in vitro.

La distinzione fra le sostanze da inserire nella categoria 3 e quelle non classificabili in alcuna categoria si basa su informazioni che escludono un'eventuale pericolosità per gli esseri umani:

- quando esistono prove sufficienti secondo cui il meccanismo tumorale non può svilupparsi negli esseri umani;
- se gli unici dati disponibili sono rappresentati da tumori epatici in talune razze di topi sensibili;
- se gli unici dati disponibili sono relativi all'insorgenza di neoplasie in sedi ed in razze che presentano un elevato tasso di insorgenza spontanea.

In base a queste categorie e alla concentrazione delle soluzioni vengono definiti i simboli, le indicazioni e le frasi di rischio delle sostanze cancerogene.

Classificazione cancerogeno	Indicazione	Concentrazione	Frase R
Cat. 1	T (tossico)	$\geq 0.1\%$	R 45 (Può provocare il cancro) R 49 (Può provocare il cancro per inalazione)
Cat. 2	T (tossico)	$\geq 0.1\%$	R 45 (Può provocare il cancro) R 49 (Può provocare il cancro per inalazione)
Cat. 3	Xn (nocivo)	$\geq 1\%$	R 40 (possibilità di effetti irreversibili)

### Sostanze mutagene

Anche per le sostanze mutagene sono individuabili tre categoria di mutagenicità.

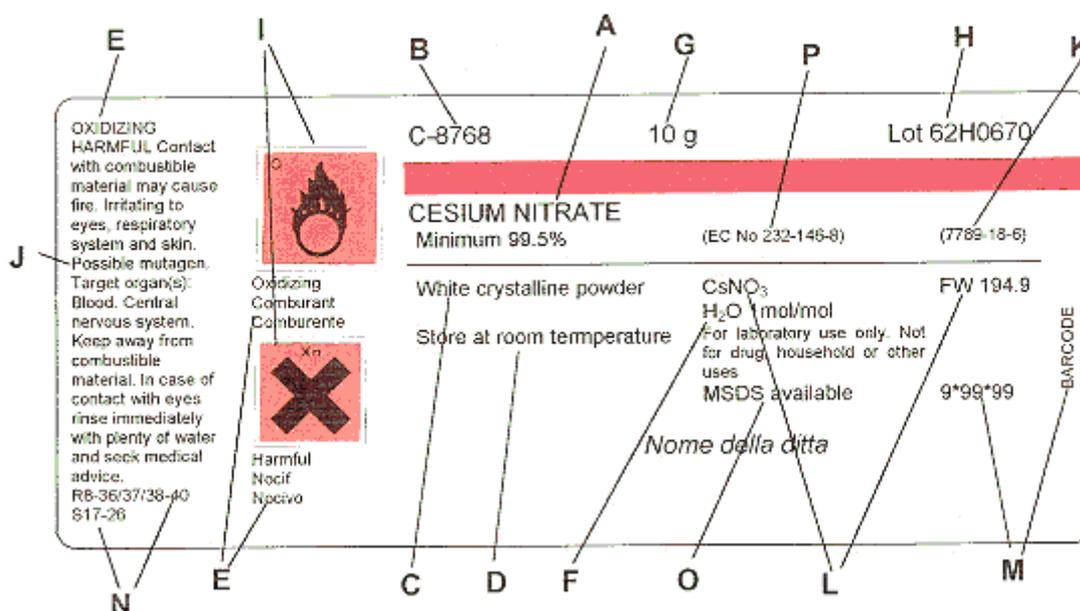
<b>Categoria 1</b>	Sostanze note per essere mutagene nell'uomo. Esiste evidenza sufficiente per stabilire un'associazione causale tra esposizione umana ad una sostanza e danno genetico trasmissibile.
<b>Categoria 2</b>	Sostanze che dovrebbero essere considerate come se fossero mutagene per l'uomo. Esistono elementi sufficienti per ritenere verosimile che l'esposizione dell'uomo alla sostanza possa risultare nello sviluppo di danno genetico trasmissibile, in generale sulla base di: adeguati studi a lungo termine effettuati sugli animali; altre informazioni specifiche.
<b>Categoria 3</b>	Sostanze che causano preoccupazione per l'uomo per i possibili effetti mutageni. Esiste evidenza da studi di mutagenesi appropriati, ma questa è insufficiente per porre la sostanza in Categoria 2.

In base a queste categorie e alla concentrazione delle soluzioni vengono definite i simboli, le indicazioni e le frasi di rischio delle sostanze mutagene.

Classificazione mutageno	Indicazione	Concentrazione	Frase R
Cat. 1	T (tossico)	$\geq 0.1\%$	R 46 (Può causare danno genetico trasmissibile)
Cat. 2	T (tossico)	$\geq 0.1\%$	R 46 (Può causare danno genetico trasmissibile)
Cat. 3	Xn (nocivo)	$\geq 1\%$	R 68 (Possibilità di effetti irreversibili)

## 2.5 Etichetta

Sull'imballaggio o sui contenitori delle sostanze e dei preparati classificati come pericolosi è presente un'etichetta informativa che costituisce la prima fonte informativa sulla manipolazione del prodotto. È quindi essenziale saperla leggere attentamente e capirne il significato. L'etichetta contiene informazioni concise, ma ben definite, sui pericoli dovuti alla manipolazione e sulle più idonee procedure da adottare per la riduzione di tali rischi. Un esempio di tali informazioni viene illustrato nel disegno sottostante.



- A. Norme e descrizione del prodotto
- B. Codice del prodotto
- C. Altre informazioni descrittive
- D. Raccomandazioni per manipolazioni e conservazione. Le temperature indicate si riferiscono alla conservazione a lungo termine. Le condizioni di spedizione possono essere differenti da quelle di conservazione, secondo criteri di economia di trasporto, ma comunque sempre garantendo la qualità del prodotto.
- E. Indicazione dei rischi
- F. Analisi del lotto. Dati su attività, purezza, grado di idratazione, ecc. per quel lotto specifico.
- G. Formato della confezione. A meno che il materiale sia a peso predeterminato, la confezione normalmente contiene almeno il quantitativo indicato e solitamente un po' di più. Per alcuni prodotti è indicata anche la quantità effettiva al momento del confezionamento. L'utente dovrà sempre misurare il quantitativo di prodotto necessario.
- H. Numero del lotto
- I. Pittogramma di rischio. Per conoscere a prima vista i rischi che l'uso comporta.
- J. Altre informazioni sui rischi. Descrizione più completa dei rischi effettivi, precauzioni di manipolazione e procedure per la gestione di emergenze.
- K. Numero CAS. Numero del Chemical Abstract Service indicato ove possibile. I numeri CAS variano a seconda della specificità con cui definiscono il materiale. Facciamo il possibile per fornire il numero CAS più preciso. Quando il numero CAS viene fornito per una miscela o soluzione, solitamente si riferisce al soluto o al componente indicato.
- L. Formula bruta e peso formula. Se nella formula non è indicata acqua di idratazione, il peso della formula si riferisce al materiale anidro.
- M. Codice a barre ed equivalente di lettura a vista. I codice a barre e l'equivalente di lettura a vista sono per uso interno di SIGMA e per l'identificazione dell'etichetta.
- N. Frasi di rischio e consigli di prudenza
- O. Scheda di sicurezza disponibile. Per questo prodotto è disponibile una scheda di sicurezza.
- P. Numero EC. Questo prodotto è identificato con un numero EC (EINECS o ELINCS). I prodotti senza numero EINECS riportano la seguente avvertenza: "Attenzione - sostanza non completamente saggjata".

## 2.6 Scheda di sicurezza

La normativa comunitaria prevede, per i responsabili dell'immissione sul mercato di una sostanza o di un preparato pericoloso, l'obbligo di fornire all'utilizzatore dell'agente chimico una scheda di dati di sicurezza.

La scheda viene redatta in base a criteri standard stabiliti dalla normativa stessa e costituisce, rispetto alle etichette, una raccolta di informazioni più completa e approfondita per quanto riguarda i rischi associati all'impiego. La scheda fornisce delle linee guida il più possibile esaustive sulle precauzioni da adottare durante la manipolazione e sui provvedimenti più idonei in caso di necessità o di emergenza; attraverso un'attenta lettura della stessa è possibile ottenere informazioni per una corretta e sicura manipolazione delle sostanze.

La scheda informativa di sicurezza deve riportare le seguenti voci obbligatorie:

### 1. Identificazione della sostanza/preparato e della società/impresa:

Il termine usato per l'identificazione della sostanza deve essere identico a quello riportato sull'etichetta;

possono essere anche indicati altri sistemi di identificazione.

Inoltre viene indicato il numero telefonico di emergenza dell'impresa e/o del competente organo ufficiale.

### 2. Composizione/informazione sugli ingredienti

Le informazioni qui riportate permettono di identificare facilmente i pericoli connessi ai singoli componenti del preparato.

Sono riportati, per ogni singolo componente, anche la classificazione, i simboli e le frasi R assegnate.

### 3. Identificazione dei pericoli

Sono riportate in questa sezione la classificazione della sostanza o del preparato e sono descritti i più importanti pericoli di tipo fisico-chimico, gli effetti negativi per la salute e per l'ambiente e i sintomi connessi all'uso e agli eventuali usi impropri della sostanza o del preparato.

### 4. Interventi di primo soccorso

Sono descritti, in modo sintetico e di facile comprensione, i corretti provvedimenti di primo soccorso ed è specificato anche se è necessario l'immediato intervento di un medico.

Vengono descritti brevemente i sintomi ed effetti; le informazioni sono divise in funzione delle diverse vie di esposizione cioè inalazione, contatto con gli occhi e con la pelle e ingestione.

### 5. Misure antincendio

Questa sezione fornisce le informazioni necessarie a chi deve intervenire in caso di incendio provocato dalla sostanza o dal preparato o che si verifichi nelle vicinanze, specificando:

- idonei mezzi estinguenti;
- mezzi estinguenti che non devono essere utilizzati per ragioni di sicurezza;

- speciali pericoli di esposizione derivanti dalla sostanza o dal preparato, dai prodotti della combustione e dai gas prodotti;
- speciali mezzi protettivi per il personale antincendio.

#### 6. Provvedimenti in caso di dispersione accidentale

Vengono descritte e informazioni che possono essere necessarie per quanto riguarda:

- precauzioni per le persone, come: eliminazione delle fonti di accensione, disponibilità di sufficiente protezione respiratoria/di ventilazione, controllo delle polveri, prevenzione del contatto con la pelle e con gli occhi;
- precauzioni ambientali, come: tenere lontano da scarichi, acque di superficie o di profondità, terreno, possibile necessità di dare l'allarme alla zona circostante;
- metodi di bonifica, come: impiego di materiale assorbente (ad esempio sabbia, segatura, legante universale, legante per acidi, farina fossile, ecc.), riduzione dei gas/fumi mediante acqua, diluizione.

Viene riportata anche l'eventuale necessità di indicazioni come: "non usare mai ..., neutralizzare con ...".

#### 7. Manipolazione ed immagazzinamento

Sono specificate le precauzioni di sicurezza in materia di manipolazione, compresi provvedimenti come: contenimento, ventilazione locale e generale, provvedimenti per impedire la dispersione nell'atmosfera, la produzione di polveri e gli incendi, provvedimenti necessari per la protezione dell'ambiente.

Per quanto riguarda l'immagazzinamento vengono descritte le condizioni di sicurezza, come: progettazione di ambienti o contenitori e ventilazione, materiali incompatibili, condizioni di conservazione (limiti di temperatura e umidità, luce, ecc.), eventuali limiti di quantità in funzione delle condizioni di magazzino.

#### 8. Protezione personale/controllo dell'esposizione

Questa sezione riporta i valori limite di esposizione professionale e/o i valori limite biologici., con indicati i

parametri specifici di controllo in vigore. Per i preparati, vengono forniti i valori per le sostanze costituenti, che sono elencate nella sezione 2.

Per valore limite di esposizione si intende la concentrazione ambientale massima della sostanza a cui l'operatore può essere esposto senza rischio per la salute nella vita lavorativa.

Viene definita anche la gamma completa dei provvedimenti specifici di protezione e di prevenzione che devono essere presi durante l'uso allo scopo di ridurre al minimo l'esposizione del personale e dell'ambiente.

Per il controllo dell'esposizione professionale sono specificati nei particolari quali dispositivi forniscono una protezione idonea e adeguata necessaria per:

- Protezione respiratoria
- Protezione delle mani

- Protezione degli occhi
- Protezione della pelle.

#### 9. Proprietà fisiche e chimiche

Le proprietà chimico/fisiche elencate (aspetto, stato fisico, odore, colore, pH, punto di infiammabilità, densità relativa, ...) sono necessarie per consentire l'adozione delle corrette misure di protezione e controllo.

#### 10. Stabilità e reattività

Viene descritta la stabilità della sostanza o del preparato e la possibilità che in determinate condizioni si verifichino reazioni pericolose, anche in caso di dispersione nell'ambiente. Sono elencate le condizioni (temperatura, pressione, luce, ...) e i materiali (acqua, aria, acidi, ...) da evitare e i prodotti di decomposizione pericolosi.

#### 11. Informazioni tossicologiche

Questa sezione riporta gli effetti nocivi per la salute che possono derivare dall'esposizione alla sostanza o al preparato, sulla base dell'esperienza o di ricerche scientifiche. Include informazioni sulle diverse vie di esposizione (inalazione, ingestione, contatto con la pelle o con gli occhi), unitamente alla descrizione dei sintomi legati alle caratteristiche fisiche, chimiche e tossicologiche. Riporta gli eventuali effetti immediati, ritardati e cronici derivanti da esposizioni a breve e lungo termine, ad esempio effetti sensibilizzanti, narcotici, cancerogeni, mutageni, tossici per la riproduzione (tossicità per lo sviluppo e la fertilità).

#### 12. Informazioni ecologiche

Descrive i possibili effetti, comportamenti e trasformazioni nell'ambiente della sostanza o del preparato, nell'atmosfera, in acqua e/o nel terreno.

#### 13. Osservazioni sullo smaltimento

Se lo smaltimento della sostanza o preparato (eccedenze o residui derivanti da prevedibile utilizzazione) comporta un pericolo, viene fornita una descrizione dei residui citati con informazioni sulle misure di sicurezza per la loro manipolazione. Vengono specificati inoltre i metodi idonei per lo smaltimento della sostanza o preparato nonché degli eventuali imballaggi contaminati (incenerimento, riciclaggio, discarica, ecc.).

#### 14. Informazioni sul trasporto

Sono indicate tutte le precauzioni particolari che devono essere applicate per quanto concerne il trasporto o il trasferimento all'interno o all'esterno dell'azienda. Ove pertinenti, vengono fornite informazioni sulla classificazione di trasporto per ciascuno dei regolamenti modali (IMDG, ADR, RID,...).

#### 15. Informazioni sulla normativa

In questa sezione sono riportate le informazioni in materia di salute, sicurezza e ambiente che figurano sull'etichetta. Se esistono vengono riportate eventuali ulteriori disposizioni nazionali pertinenti.

## 16. Altre informazioni

Viene indicata qualsiasi altra informazione di rilievo per la salute e la sicurezza degli utilizzatori e la protezione dell'ambiente, ad esempio:

- elenco completo delle frasi R, riportate per esteso;
- avvertenze di formazione professionale;
- eventuali restrizioni consigliate (ossia raccomandazioni non obbligatorie del fornitore);
- ulteriori informazioni (documentazione di riferimento e/o punti di contatto tecnico);
- fonte dei dati utilizzati per la compilazione della scheda dati di sicurezza.

In allegato 3 è riportato un esempio di una scheda di sicurezza, mentre in allegato 4 è riportata una scheda internazionale di sicurezza. Questo secondo tipo di scheda può essere altrettanto utile ma non è da confondersi con la prima obbligatoria per legge.

## **2.7 Il rischio nella manipolazione delle sostanze e dei preparati**

I rischi nella manipolazione delle sostanze e dei preparati pericolosi vengono convenzionalmente suddivisi in tre grandi categorie:

1. Rischi per la sicurezza
2. Rischi per la salute
3. Rischi per l'ambiente

In generale il rischio non è una proprietà intrinseca di una sostanza o di un preparato dipendendo esso non solo dalla proprietà pericolosa di una sostanza ma anche dalla probabilità, che nelle condizioni di uso, la sostanza possa dar luogo al danno o all'evento dannoso previsto.

I rischi per la sicurezza di coloro che lavorano nei laboratori derivano dalla pericolosità delle sostanze manifestate in relazione alle loro caratteristiche di infiammabilità, esplosività e reattività determinate a loro volta dalle loro proprietà chimico-fisiche. In questo caso il rischio può essere definito dalla relazione:

$$R = P \times D$$

dove D è il danno che si può ipotizzare nel caso che una sostanza espliciti la sua potenziale pericolosità e P la probabilità che ciò accada.

Il rischio che le sostanze o i preparati manipolati in laboratorio manifestino effetti tossici sulla salute degli individui che vi lavorano dipende sia dal grado di esposizione che dalla tossicità intrinseca del prodotto. In questo caso il rischio potrà essere definito dalla relazione:

$$R = E \times T$$

dove T è la tossicità di una sostanza ed E l'esposizione.

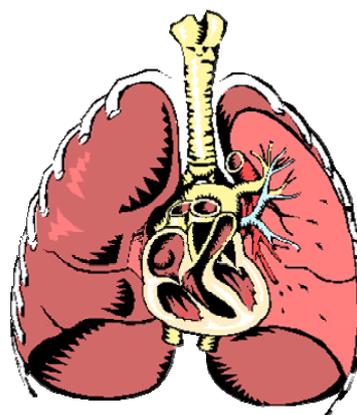
Il grado di esposizione è determinato dalla dose, dalla frequenza e dalla durata dell'esposizione, ma anche, per molte sostanze, dalle modalità con cui il tossico può entrare nel nostro organismo.

### **Esposizione per contatto con occhi e cute**

Il contatto diretto con occhi o cute è un modo per una sostanza tossica di penetrare il corpo umano più semplice di quanto non si pensi. Il contatto con la cute può portare ad una reazione di tipo locale, ustione o irritazione, o all'assorbimento con conseguente penetrazione fino al flusso sanguigno della sostanza tossica. Sulla scheda di sicurezza è riportata l'informazione se per la sostanza in esame l'assorbimento dermico è una strada significativa di esposizione. L'assorbimento dermico dipende sia dallo stato di salute della pelle che dalle proprietà della sostanza chimica. Una cute sana e intatta offre una barriera migliore all'assorbimento. Le sostanze liposolubili, fra cui molti solventi organici, possono facilmente penetrare la cute e in alcuni casi ne alterano la capacità di resistere all'assorbimento di altre sostanze. Come agire per proteggere la pelle o gli occhi, o cosa fare in caso di contatto accidentale sarà trattato nei prossimi capitoli.

### **Esposizione per inalazione**

L'inalazione è la strada più comune per gas, vapori, particelle e aerosol di penetrare nel corpo umano. Le sostanze inalate possono essere trasportate fino ai polmoni e qui agire dando luogo ad effetti localizzati oppure essere assorbite e poi trasportate a tutto il corpo mediante il flusso sanguigno. Diversi fattori possono influenzare il processo di assorbimento fra cui la tensione di vapore, la solubilità, la dimensione delle particelle, la concentrazione nell'aria inalata e le proprietà della sostanza. Molte sostanze chimiche hanno un odore percepibile al di

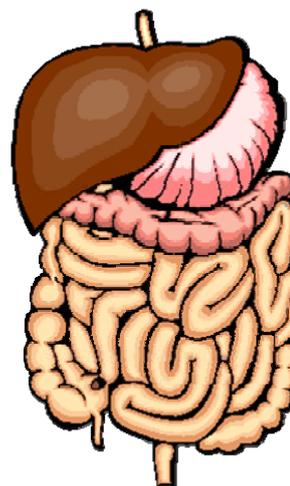


sopra di una certa concentrazione in aria (soglia olfattiva) tuttavia non c'è una relazione diretta tra odore e tossicità. I sintomi di una sovraesposizione ad agenti chimici possono essere mal di testa, irritazione degli occhi e delle alte vie respiratorie e a volte possono darsi anche effetti di tipo narcotico, quali confusione, sonnolenza, perdita di orientamento. Come agire per prevenire la dispersione in ambiente di sostanze tossiche o cosa fare in caso di inalazione accidentale sarà oggetto di trattazione nei prossimi capitoli.

### **Esposizione per ingestione**

Sebbene l'ingestione diretta di un prodotto chimico sia improbabile l'esposizione mediante questa via di assunzione può avvenire per ingestione di cibi o bevande contaminati o portando alla bocca le mani, le penne, le matite precedentemente contaminate. La possibilità di esposizione per ingestione è sensibilmente ridotta dal divieto di bere, mangiare o riporre cibi in laboratorio e dall'abitudine di lavarsi spesso le mani.

L'ingestione diretta può avvenire se si pipetta una sostanza direttamente con la bocca, pratica assolutamente vietata.



## **Esposizione per iniezione**

L'iniezione di una sostanza chimica tossica sotto cute è una evenienza piuttosto rara, si verifica per esempio durante le iniezioni su animali da laboratorio o con materiali contaminati e taglienti. La cautela, quando si maneggiano oggetti taglienti, è sempre necessaria.

Come una sostanza tossica dopo essere venuta a contatto con l'organismo umano, tramite una o tutte le vie sopra descritte, eserciti la sua azione dannosa dipende da molti fattori oggetto di studio della tossicologia. In generale gli effetti tossici possono essere locali o sistemici. Sono effetti locali quelli che si esercitano sull'area del corpo direttamente in contatto con la sostanza, causati tipicamente da sostanze reattive o corrosive quali acidi e basi forti o agenti ossidanti, sono effetti sistemici quelli a carico di tessuti o organi che si verificano invece in seguito ad assorbimento della sostanze e trasporto nel flusso sanguigno. Per esempio il metanolo se ingerito causa cecità mentre il contatto dermico con nitrobenzene può avere effetti a carico del sistema nervoso centrale. Alcune sostanze possono agire preferenzialmente su organi bersaglio, per esempio il piombo si accumula preferenzialmente nel sistema nervoso centrale, nei reni e nei globuli rossi, mentre altre come gli isocianati agiscono colpendo il sistema immunitario e possono portare a reazioni allergiche.

E' importante inoltre distinguere tra tossicità acuta o cronica. La tossicità acuta si verifica in seguito ad una breve e singola esposizione, normalmente gli effetti appaiono velocemente e sono spesso reversibili. La tossicità cronica risulta invece da una esposizione anche a dosi basse o bassissime ripetuta nel tempo o per un lungo periodo. L'esposizione cronica può dar luogo ad effetti diversi dalla esposizione acuta allo stesso tossico. Gli effetti acuti e cronici sono normalmente riportati nella scheda di sicurezza del prodotto.

Un fattore estremamente importante è poi la suscettibilità individuale alla sostanza tossica che può portare ad effetti anche diversi o con diverso grado di gravità.

Risulta quindi chiaro che lavorare in sicurezza in un laboratorio chimico significa diminuire il fattore di rischio (R) e ciò può essere fatto agendo sui fattori di danno (D), esposizione (E), tossicità (T) e di probabilità (P). Il danno può per esempio essere limitato diminuendo i quantitativi in uso, isolando o contenendo le operazioni. Diminuire l'esposizione significa utilizzare correttamente i dispositivi di protezione collettiva e individuale e attenersi alle norme di buon comportamento. Si può diminuire la tossicità per esempio scegliendo attentamente le sostanze da utilizzare e se possibile sostituirle con altre meno tossiche. Diminuire la probabilità significa redigere procedure di lavoro che permettano di tenere sotto controllo tutte le fasi operative di un lavoro in laboratorio. Come agire su tali fattori costituirà il corpo di questo manuale.

## 3. Gas compressi

Nei laboratori chimici si utilizzano, spesso contemporaneamente, diversi tipi di gas che possono essere l'origine di seri rischi sia per la natura chimica del fluido stesso (tossico, irritante, infiammabile, asfissiante) sia per il suo stato fisico (elevata pressione). Generalmente questi gas vengono erogati da postazioni che contengono più bombole collegate agli utilizzi attraverso impianti fissi o qualche volta da bombole posizionate direttamente in laboratorio in prossimità dell'utenza.

### 3.1 Definizioni

In base alle loro proprietà chimico-fisiche i gas possono essere suddivisi in:

**gas inerti [A]:** si definisce inerte un gas o una miscela di gas non tossici, non corrosivi, non infiammabili, e non ossidanti. Il rischio di asfissia è comunque sempre da prendere in considerazione. Esempio: azoto, argon, elio, anidride carbonica.

**gas infiammabili [F]:** si definisce infiammabile un gas o una miscela di gas che può infiammarsi in aria alla pressione atmosferica e a una temperatura di 20 °C. Esempio: idrogeno, metano, etilene, etano, ossido di carbonio, idrogeno solforato, ammoniaca.

**gas ossidanti [O]:** si definisce ossidante (comburente) un gas o una miscela di gas, che, a pressione atmosferica, ha un potenziale di ossidazione che favorisce una combustione più di quanto non faccia l'aria stessa. Esempio: ossigeno, protossido di azoto, biossido di azoto.

In base alle loro proprietà tossicologiche i gas possono essere suddivisi in:

**gas tossici [T]:** si definisce tossico un gas o una miscela di gas che, per inalazione, causa la morte o danni acuti o cronici ( $CL_{50} \leq 5000$  ppm (V/V)). Da un punto di vista normativo occorre poi ricordare che si individuano come gas tossici tutti i gas, compressi o liquefatti che sono definiti come tali dal Regio Decreto 127 del 09/01/1927, e successive modifiche ed integrazioni, e comunque dalla vigente normativa

**gas corrosivi [C]:** si definisce corrosivo un gas o una miscela di gas che può danneggiare o distruggere i tessuti viventi (occhi, pelle e mucose).



Anche se normalmente, ed anche noi per semplicità procederemo in questo modo, si parla per questi gas di gas compressi non tutti sono presenti in questo stato all'interno dei recipienti con cui vengono commercializzati. Più precisamente i fluidi contenuti nei recipienti denominati bombole possono essere allo stato di gas compresso (es. ossigeno), liquefatto (es. ammoniaca) o disciolto (es. acetilene). In particolare vengono definiti:

**gas compressi:** tutti i gas con temperatura critica inferiore a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e trasportati allo stato gassoso sotto pressione;

**gas liquefatti:** tutti i gas con temperatura critica uguale o superiore a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e trasportati allo stato parzialmente liquido sotto pressione;

**gas disciolti:** gas che in base alla loro solubilità in un liquido vengono in esso disciolti ad alta pressione.

Usualmente tutti i recipienti contenenti gas compressi, liquefatti o disciolti sono denominati impropriamente bombole, le norme prevedono invece la seguente classificazione dei recipienti:

**bidoni:** sono costruiti in lamiere di acciaio unite tra loro mediante saldature per fusione ed hanno una capacità compresa tra 5 L e 150 L; sono destinati a contenere i gas compressi la cui pressione di carica riferita a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  non superi i  $20\text{ kg/cm}^2$ , ad eccezione del fluoruro di boro;

**bombole:** sono costruite in acciaio (o leghe leggere) in un solo pezzo senza saldatura longitudinale ed hanno una capacità fino a 150 L; possono contenere gas compressi la cui pressione di carica riferita a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  superi i  $20\text{ kg/cm}^2$ ;

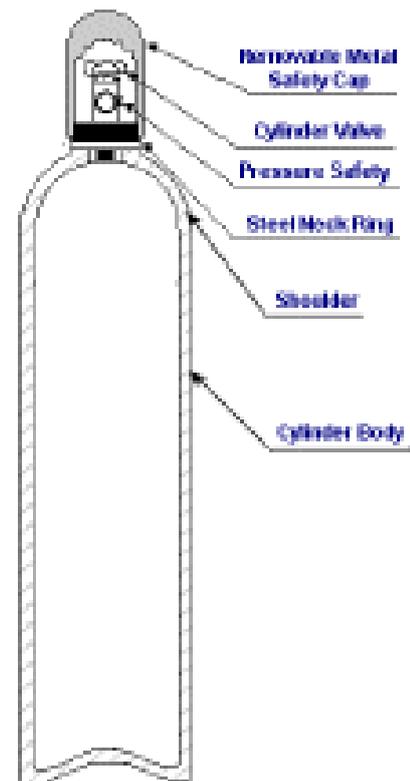
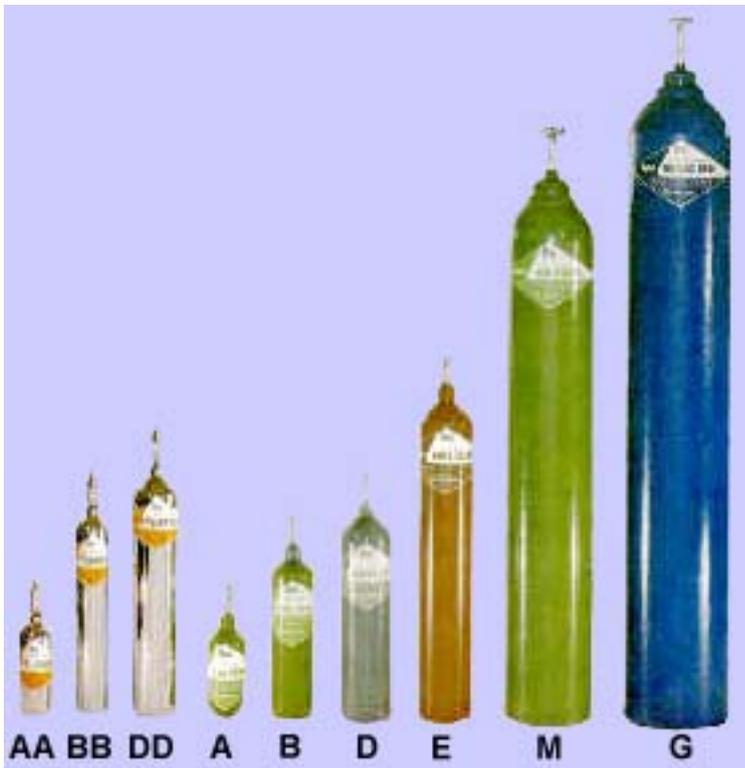
**piccole bombole:** sono costruite con le stesse modalità delle bombole e sono idonee a contenere gli stessi gas compressi, hanno una capacità compresa tra 3 L e 5 L, la lunghezza esterna non supera di otto volte il diametro esterno;

**bombolette:** sono costruite con le stesse modalità delle bombole e sono idonee a contenere gli stessi gas compressi, hanno una capacità inferiore a 3 L.

Sempre per semplicità noi ci riferiremo ai recipienti contenenti i gas come a bombole con una pressione di 150-200 atm.

Le bombole normali vengono generalmente fornite con fondo bombato ad una estremità, ove è applicato il raccordo con filettatura interna per l'attacco della valvola. Di solito sono completate dalla

valvola, dal cappello (di norma aperto) con relativo collare e dal piede di appoggio (zoccolo). Il cappello, avvitato sull'ogiva, serve a proteggere la valvola da urti o da altre cause che potrebbero comprometterne l'efficienza ed è aperto per consentire lo sfogo del gas in caso di perdita della valvola; deve essere riavvitato al suo posto subito dopo l'uso della bombola; lo zoccolo, oltre a mantenere la bombola verticale in posizione stabile, ne solleva il fondo da terra proteggendo da urti, da sfregamenti e dalla corrosione in presenza di umidità.



### 3.2 Identificazione del gas

Le bombole di gas compresso, liquefatto o disciolto devono essere messe in uso solo se il loro contenuto risulta chiaramente identificabile. Il contenuto viene identificato nei modi seguenti:

- colorazione dell'ogiva
- punzonatura del nome commerciale sull'ogiva del recipiente o la dicitura "miscela" accompagnata da etichette o cartellini riportanti la composizione;
- caratteristiche del raccordo filettato.

#### Codici di colore identificativi per le bombole

Con Decreto 7 gennaio 1999 il Ministero dei Trasporti, ravvisando l'opportunità di uniformare le colorazioni distintive delle bombole nei Paesi CE, ha disposto l'applicazione della norma UNI EN 1089-3 che prevede un sistema di identificazione delle bombole con codici di colore delle ogive diverso da quello fino ad allora usato in Italia. Il nuovo sistema di identificazione è divenuto obbligatorio per le bombole nuove il 10 agosto 1999 mentre dal 30 giugno del 2006 è diventato obbligatorio anche per le bombole già in circolazione. Tale normativa è valida per le bombole di gas industriali, tecnici e

medicinali ma non si applica alle bombole di GPL (gas di petrolio liquefatto) e agli estintori. La colorazione dell'ogiva nel nuovo sistema non identifica più il gas ma la natura del pericolo associato al gas è quindi possibile risalire al pericolo anche a distanza quando l'etichetta non è ancora leggibile. Solo per i gas più comuni sono previsti colori specifici.

Tossico e/o corrosivo	Giallo
Infiammabile	Rosso
Ossidante	Blu chiaro
Asfissiante	Verde brillante

Nel periodo transitorio, fino al 30 giugno 2006, i due sistemi di colorazione hanno dovuto necessariamente coesistere e per evitare confusioni la codifica dei colori secondo la nuova normativa è stata individuata con la lettera maiuscola "N" riportata in 2 posizioni diametralmente opposte sull'ogiva. L'apposizione della lettera "N" non è necessaria per le bombole circolanti solo all'interno di paesi in cui il colore caratteristico non sia mutato rispetto a quanto precedentemente in uso.

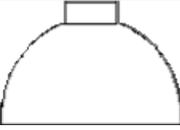
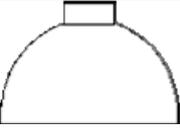


TIPO DI PERICOLO	VECCHIA COLORAZIONE	NUOVA COLORAZIONE
<b>ASFISSIANTE (INERTE)</b>	 <i>alluminio</i>	 <i>verde brillante</i>
<b>INFIAMMABILE</b>	 <i>alluminio</i>	 <i>rosso</i>
<b>OSSIDANTE</b>	 <i>alluminio</i>	 <i>blu chiaro</i>
<b>TOSSICO</b>	 <i>giallo</i>	 <i>giallo</i>

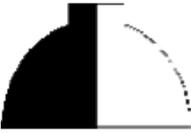
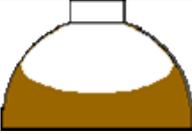
<b>CORROSIVO</b>	 <i>giallo</i>	 <i>giallo</i>
<b>TOSSICO E INFIAMMABILE</b>	 <i>giallo</i>	 <i>giallo+rosso</i>
<b>TOSSICO E OSSIDANTE</b>	 <i>giallo</i>	 <i>giallo+blu chiaro</i>

Solo per i gas più comuni sono previsti colori specifici:

<b>TIPO DI GAS</b>	<b>VECCHIA COLORAZIONE</b>	<b>NUOVA COLORAZIONE</b>
<b>acetilene</b> $C_2H_2$	 <i>arancione</i>	 <i>marrone rossiccio</i>
<b>ammoniaca</b> $NH_3$	 <i>verde</i>	 <i>giallo</i>
<b>argon</b> Ar	 <i>amaranto</i>	 <i>verde scuro</i>
<b>azoto</b> $N_2$	 <i>nero</i>	 <i>nero</i>
<b>biossido di carbonio</b> $CO_2$	 <i>grigio chiaro</i>	 <i>grigio</i>
<b>cloro</b> $Cl_2$	 <i>giallo</i>	 <i>giallo</i>
<b>elio</b> He	 <i>marrone</i>	 <i>marrone</i>
<b>idrogeno</b> $H_2$	 <i>rosso</i>	 <i>rosso</i>

<b>ossigeno</b> <b>O<sub>2</sub></b>	 <i>bianco</i>	 <i>bianco</i>
<b>protossido d'azoto</b> <b>N<sub>2</sub>O</b>	 <i>blu</i>	 <i>blu</i>

Riportiamo infine il colore identificativo di altri gas:

<b>TIPO DI GAS</b>	<b>VECCHIA COLORAZIONE</b>	<b>NUOVA COLORAZIONE</b>
<b>aria ad uso industriale</b>	 <i>bianco+nero</i>	 <i>verde brillante</i>
<b>aria respirabile</b>	 <i>bianco+nero</i>	 <i>bianco+nero</i>
<b>miscela elio-ossigeno ad uso respiratorio</b>	 <i>alluminio</i>	 <i>bianco+marrone</i>

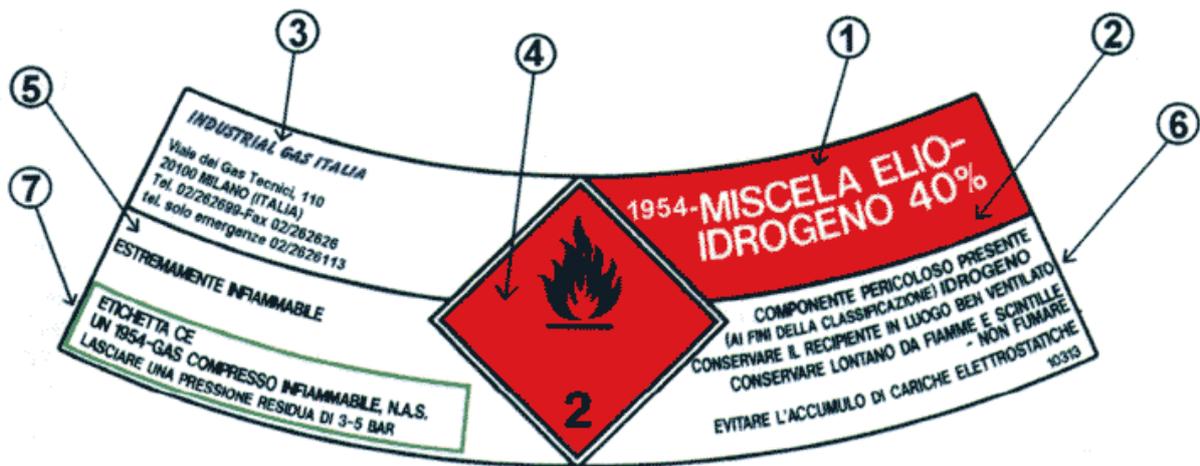
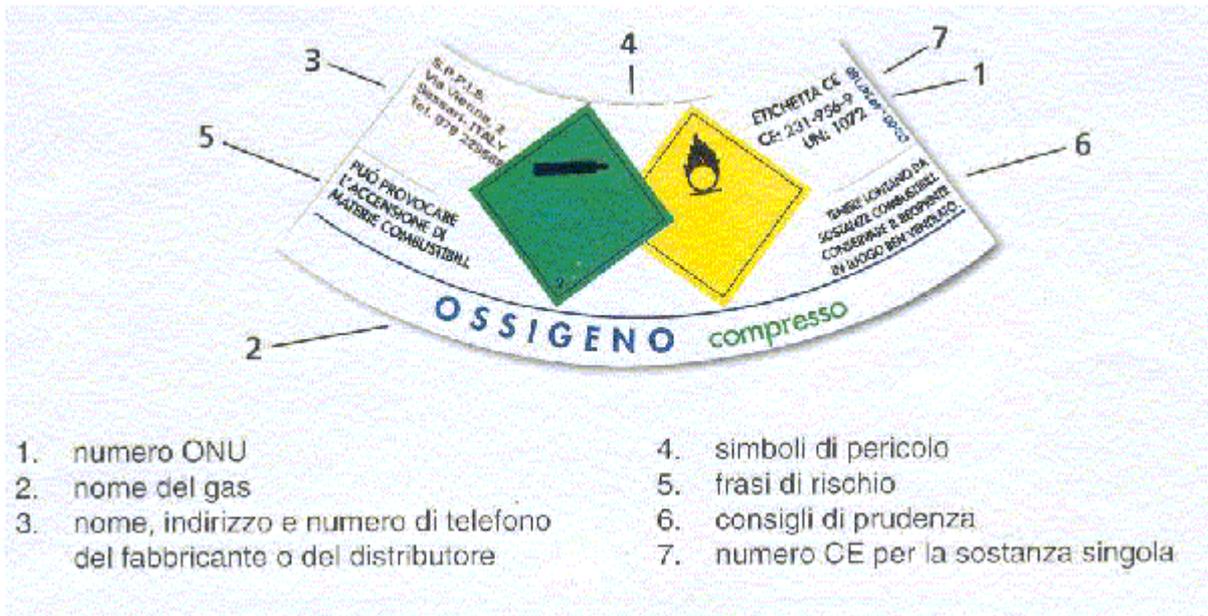
La codifica dei colori riguarda solo l'ogiva delle bombole, in generale il corpo della bombola può essere dipinto di qualsiasi colore che non comporti il pericolo di erronee interpretazioni del rischio associato al colore dell'ogiva. Attualmente in Italia la colorazione verde del corpo identifica la bombola di ossigeno e di protossido di azoto per uso medicale, è previsto che in futuro sia modificata questa prescrizione, adottando per tutte le bombole di gas medicale il colore bianco del corpo, in conformità alla prassi prevalente in Europa

Nel caso che sia richiesta una codificazione a due colori si raccomanda che essi vengano applicati in segmenti circolari sovrapposti, la norma consente tuttavia la loro disposizione anche in quadranti alternati.

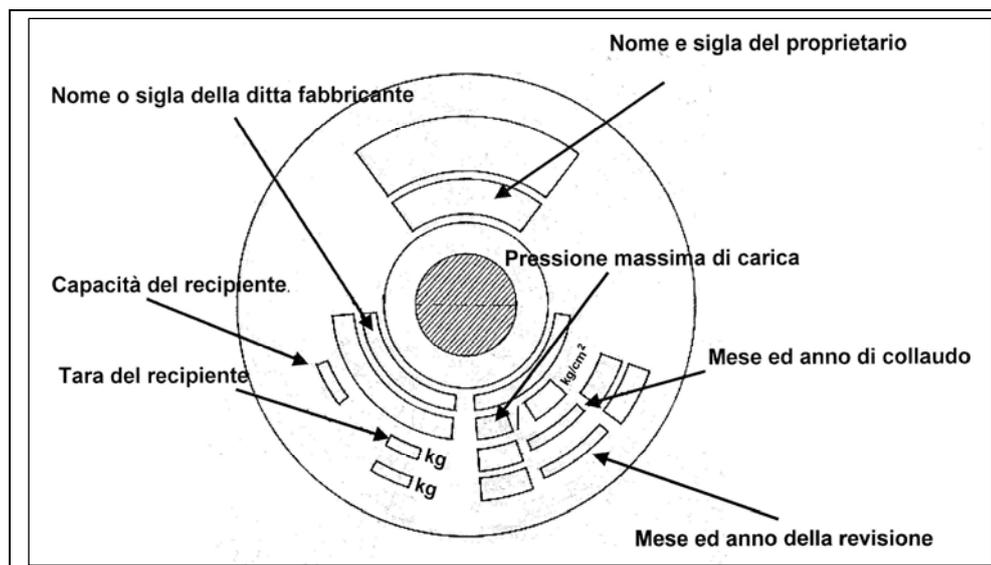
Occorre considerare inoltre che i colori possono subire alterazioni e modificarsi nel corso del tempo, fino a finire per confondersi, creando così un pericolo ulteriore a quello dato dal gas stesso, è quindi necessario controllare che sia il colore dell'ogiva che l'etichetta siano sempre integri.

### **Etichettatura**

L'etichettatura delle bombole rispetta le norme previste per il trasporto, nonché per la classificazione, imballaggio ed etichettatura delle merci pericolose. Viene qui riprodotta a titolo indicativo un esempio di etichetta con indicazione delle informazioni fornite.



## Punzonatura dell'ogiva



## Caratteristiche del raccordo filettato

Per evitare di collegare una bombola ad un riduttore o ad una linea di distribuzione dedicata ad un altro gas si è scelto di dividere i gas in gruppi, a seconda della loro compatibilità chimica, e di dotare ciascun raccordo filettato della valvola di uscita di caratteristiche uniche per ogni gruppo, in modo tale che non siano possibili scambi di bombole di gas incompatibili. La suddivisione dei gas compressi in base alle filettature di raccordo delle valvole con i tubi di riempimento e svuotamento è riportata nella tabella seguente.

Gruppo	Diametro della vite (mm)		Senso della filettatura	N° dei filetti per pollice
	maschio	femmina		
<b>Gruppo I</b> Acido cianidrico non assorbito da materie porose, acido solfidrico, bromuro di vinile, butadiene, butano puro, butano commerciale, butilene, ciclopropano, cloruro di cianogeno, cloruro di etile, cloruro di metile, cloruro di vinile, etano, etere metilico, etere metilvinilico, etilene, fluoruro di vinile, idrogeno, isobutano, isobutilene, metano, metilmercaptano, ossido di etilene, propano puro, propano commerciale, propilene, tetrafluoroetilene	20		sinistrorso	14
<b>Gruppo II</b> Anidride carbonica diversa da quella per uso medicale, anidride solforosa, bromuro di metile, cloropentafluoroetano, clorotrifluorometano, diclorotetrafluoroetano, esafluoruro di zolfo, monoclorodifluoroetano, monoclorodifluorometano, fosgene, ossigeno, tetrossidodiazoto, trifluorometano, difluoroetano, difluoroetilene	21.7		destrorso	14
<b>Gruppo III</b> Ammoniaca, dimetilammina, etilammina, metilammina, trimetilammina	30		sinistrorso	14
<b>Gruppo IV</b> Acido bromidrico anidro, acido cloridrico anidro, cloro, cloruro di trifluoroacetile, fluoro, fluoruro di boro	25.4		destrorso	8
<b>Gruppo V</b> Azoto		21.7	destrorso	14
<b>Gruppo VI</b>				

Aria	30		destrorso	14
<b>Gruppo VII</b> Acetilene disciolto	attacco a pressione			
<b>Gruppo VIII</b> Argo, cripto, elio, neo, xeno		24.51	destrorso	14
<b>Gruppo IX</b> Protossido di azoto	16.66		destrorso	19
<b>Gruppo X</b> Anidride carbonica per uso medicale	27		destrorso	2

<b>VALVOLE PER BOMBOLE SECONDO LA VIGENTE NORMATIVA UNI</b>					
Gruppo I	UNI 4405	Idrogeno solforato - Butadiene - Butano - Butene - Etano - Etilene - Idrogeno - Isobutano - Metano - Ossido di Carbonio - Ossido di Etilene - Propano - Propilene - Miscele combustibili	Bombola	Raccordo	Maschio ø 20 mm 14 f.p.p. sinistrorso
Gruppo II	UNI 4406	Anidride Carbonica (non per uso medicale) - Anidride Solforosa - Esaffluoruro di zolfo - Ossigeno - Miscele comburenti - Clorofluorocarburi	Bombola	Raccordo	Maschio ø 21.7 mm 14 f.p.p. destrorso
Gruppo III	UNI 4407	Ammoniaca - Dimetilamina	Bombola	Raccordo	Maschio ø 30 mm 14 f.p.p. sinistrorso
Gruppo IV	UNI 4408	Acido Bromidrico - Acido Cloridrico Acido Fluoridrico - Cloro - Fluoro - Miscele con Ossido di Etilene	Bombola	Raccordo	Maschio ø 25.4 mm 8 f.p.p. destrorso
Gruppo V	UNI 4409	Azoto - Miscele inerti a base di azoto	Bombola	Raccordo	Femmina ø 21.7 mm 14 f.p.p. destrorso
Gruppo VI	UNI 4410	Aria	Bombola	Raccordo	Maschio ø 30 mm 14 f.p.p. destrorso
Gruppo VII	UNI 4411	Acetilene	Bombola	Raccordo	Attacco a pressione con staffa
Gruppo VIII	UNI 4412	Argon - Krypton - Elio - Neon - Xenon Miscele inerti di gas rari	Bombola	Raccordo	Femmina ø 24.5 mm 14 f.p.p. destrorso
Gruppo IX	-	Protossido d'azoto	Bombola	Raccordo	Maschio ø 16.66 mm 19 f.p.p. destrorso
Gruppo X	-	Anidride Carbonica per uso medicale	Bombola	Raccordo	Maschio ø 27 mm passo 2 destrorso

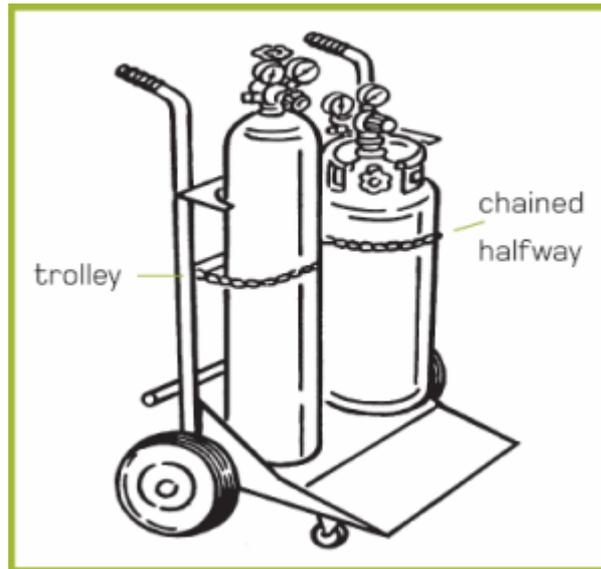
Per le miscele di gas compressi le caratteristiche dei rubinetti e dei raccordi debbono essere suddivise nei seguenti gruppi in base alle caratteristiche salienti della miscela:

- miscele inerti: Gruppo V oppure Gruppo III
- miscele comburenti: Gruppo II
- miscele combustibili: Gruppo I
- miscele corrosive: Gruppo IV

### **3.3 Movimentazione delle bombole**

La movimentazione delle bombole di gas compressi, liquefatti o disciolti richiede particolare attenzione ed il rispetto di alcune precauzioni generali:

1. Tutte le bombole devono essere provviste dell'apposito cappello di protezione delle valvole, che deve rimanere sempre avvitato tranne quando la bombola è in uso, o di altra idonea protezione, ad esempio maniglione o cappello fisso. Le bombole di gas tossici devono essere spostate non solo con il cappello proteggi valvola ma anche con il tappo di sicurezza. Nessuna bombola deve essere spostata se ha il riduttore di pressione inserito.
2. Le bombole devono essere maneggiate con cautela evitando gli urti violenti tra di loro o altre superfici, cadute od altre sollecitazioni meccaniche che possano comprometterne l'integrità e la resistenza.
3. Le bombole non devono essere sollevate dal cappello, né trascinate, né fatte rotolare o scivolare sul pavimento. La loro movimentazione, anche per brevi distanze, deve avvenire mediante carrello a mano od altro opportuno mezzo di trasporto.
4. Per sollevare le bombole non devono essere usati elevatori magnetici né imbracature con funi o catene. Eventuali sollevamenti a mezzo gru, paranchi o carrelli elevatori devono essere effettuati impiegando esclusivamente le apposite gabbie, cestelli metallici o appositi pallets.
5. Le bombole non devono essere maneggiate con le mani o con guanti unti d'olio o di grasso: questa norma è particolarmente importante quando si movimentano bombole di gas ossidanti.



### 3.4 Precauzioni necessarie nell'impiego delle bombole

1. Un recipiente di gas deve essere messo in uso solo se il suo contenuto risulta chiaramente identificabile. Il contenuto viene identificato nei modi seguenti:
  - colorazione dell'ogiva, secondo il colore codificato dalla normativa di legge;
  - nome commerciale del gas punzonato sull'ogiva a tutte lettere o abbreviato, quando esso sia molto lungo;
  - scritte indelebili, etichette autoadesive, decalcomanie poste sul corpo del recipiente, oppure cartellini di identificazione attaccati alla valvola od al cappello di protezione;
  - raccordo di uscita della valvola, in accordo alle normative di legge.
2. Seguire le indicazioni riportate nelle scheda di sicurezza della sostanza che la ditta fornitrice deve rilasciare all'atto del primo acquisto; le schede di sicurezza devono essere disponibili presso il laboratorio, divulgate e studiate da parte degli utenti, in quanto forniscono indicazioni preziose in caso di emergenza e sul corretto utilizzo del gas.
3. Indossare idonei dispositivi di protezione individuale in funzione del rischio specifico associato a ciascun gas e al suo stato fisico.
4. Assicurarsi prima di utilizzare bombole poco usate o di proprietà dell'eventuale scadenza di collaudo controllando la punzonatura sull'ogiva.
5. Prima di utilizzare una bombola è necessario assicurarla alla parete o ad un qualsiasi supporto solido, mediante catenelle o con altri arresti efficaci, salvo che la forma del recipiente ne assicuri la stabilità. E' vietato usare le bombole orizzontali o capovolte, infatti, nel caso di gas liquefatti o adsorbiti la parte liquida potrebbe venire in contatto con la parte interna della valvola e determinare fuoriuscite di grossa entità. Una volta assicurata la bombola si può togliere il cappello di protezione della valvola.



6. Le bombole non devono mai essere collocate dove potrebbero diventare parte di un circuito elettrico. Quando una bombola viene usata in collegamento con una saldatrice elettrica, non deve essere messa a terra. Questa precauzione impedisce alla bombola di essere incendiata dall'arco elettrico.
7. Le bombole non devono mai essere riscaldate a temperatura superiore ai 50°C. È assolutamente vietato portare una fiamma a diretto contatto con il recipiente.
8. Le bombole non devono essere raffreddate artificialmente a temperature molto basse. Molti tipi di acciaio perdono duttilità e diventano più fragili a bassa temperatura.
9. Le bombole non devono essere usate come rullo, incudine, sostegno o per qualsiasi altro scopo che non sia quello di contenere il gas per il quale sono stati costruite e collaudate.
10. L'utilizzatore non deve cancellare o rendere illeggibili le scritte, né asportare le etichette, le decalcomanie, i cartellini applicati sui recipienti dal fornitore per l'identificazione del gas contenuto.
11. L'utilizzatore non deve cambiare, modificare, manomettere,appare,appare i dispositivi di sicurezza eventualmente presenti né, in caso di perdite di gas, eseguire riparazioni sui recipienti pieni e sulle valvole.
12. Utilizzare sempre i riduttori di pressione, prima di collegarli controllare che il raccordo sia in buone condizioni e sia esente da sporcizia, olio, ecc. Non si deve mai provare se c'è pressione aprendo la bombola direttamente: se è vuota si inquina, se è piena può provocare danni.
13. Non devono essere montati riduttori di pressione, manometri, manichette od altre apparecchiature previste per un particolare gas o gruppo di gas su bombole contenenti gas con proprietà chimiche diverse e incompatibili.
14. Le valvole delle bombole devono essere sempre tenute chiuse, tranne quando il recipiente è in utilizzo. L'apertura delle valvole dei recipienti a pressione deve avvenire gradualmente e lentamente. Non usare mai chiavi od altri attrezzi per aprire o chiudere valvole munite di volantino. Per le valvole dure ad aprirsi o grippate per motivi di corrosione, contattare il fornitore per istruzioni.
15. Prima e dopo l'uso si verifichi che il flusso sia regolato per al minimo. L'erogazione di grossi flussi di gas potrebbe provocare un brusco calo della temperatura del recipiente compromettendo la resistenza del materiale.

16. Chiudere le valvole dopo l'erogazione del gas.
17. Non effettuare mai travasi da una bombola ad un'altra.
18. La tenuta del circuito deve essere controllata con acqua saponata mai con una fiamma.
19. La lubrificazione delle valvole non è necessaria. È assolutamente vietato usare olio, grasso od altri lubrificanti combustibili sulle valvole dei recipienti contenenti ossigeno e altri gas ossidanti.
20. Prima di restituire un recipiente vuoto, l'utilizzatore deve assicurarsi che la valvola sia ben chiusa, quindi avvitare l'eventuale tappo cieco sul bocchello della valvola ed infine rimettere il cappello di protezione.
21. È buona norma non scaricare completamente una bombola ma lasciare una pressione residua all'interno di essa in modo da evitare che cambiamenti della temperatura ambiente provochino un ingresso d'aria all'apertura della bombola priva di riduttore in fase di ricarica.

### 3.5 Stoccaggio e deposito delle bombole

Le precauzioni generali da rispettare nello stoccaggio o deposito di bombole di gas compressi sono le seguenti:

1. Le bombole non devono essere esposte all'azione diretta dei raggi del sole, né tenute vicino a sorgenti di calore o comunque in ambienti in cui la temperatura possa raggiungere o superare i 50°C. Allo stesso modo non devono essere esposte ad umidità eccessiva, né ad agenti chimici corrosivi, la ruggine infatti danneggia il mantello del recipiente e provoca il bloccaggio del cappello.
2. Esse devono essere protette da ogni oggetto che possa provocare tagli od altre abrasioni sulla superficie del metallo.
3. È vietato lasciare le bombole vicino a montacarichi, sotto passerelle, o in luoghi dove oggetti pesanti in movimento possano urtarle e provocarne la caduta.
4. Le bombole non devono mai essere collocate dove potrebbero diventare parte di un circuito elettrico. Quando una bombola viene usata in collegamento con una saldatrice elettrica non deve essere messo a terra per evitare che possa essere incendiato dall'arco elettrico.
5. I locali di deposito devono essere asciutti, freschi, ben ventilati e privi di sorgenti di calore, quali tubazioni di vapore, radiatori, ecc., come criterio generale questi locali non necessitano di essere riscaldati.
6. I locali di deposito, devono essere contraddistinti con il nome del gas posto in stoccaggio. Se in uno stesso deposito sono presenti gas diversi ma compatibili tra loro i recipienti devono essere raggruppati secondo il



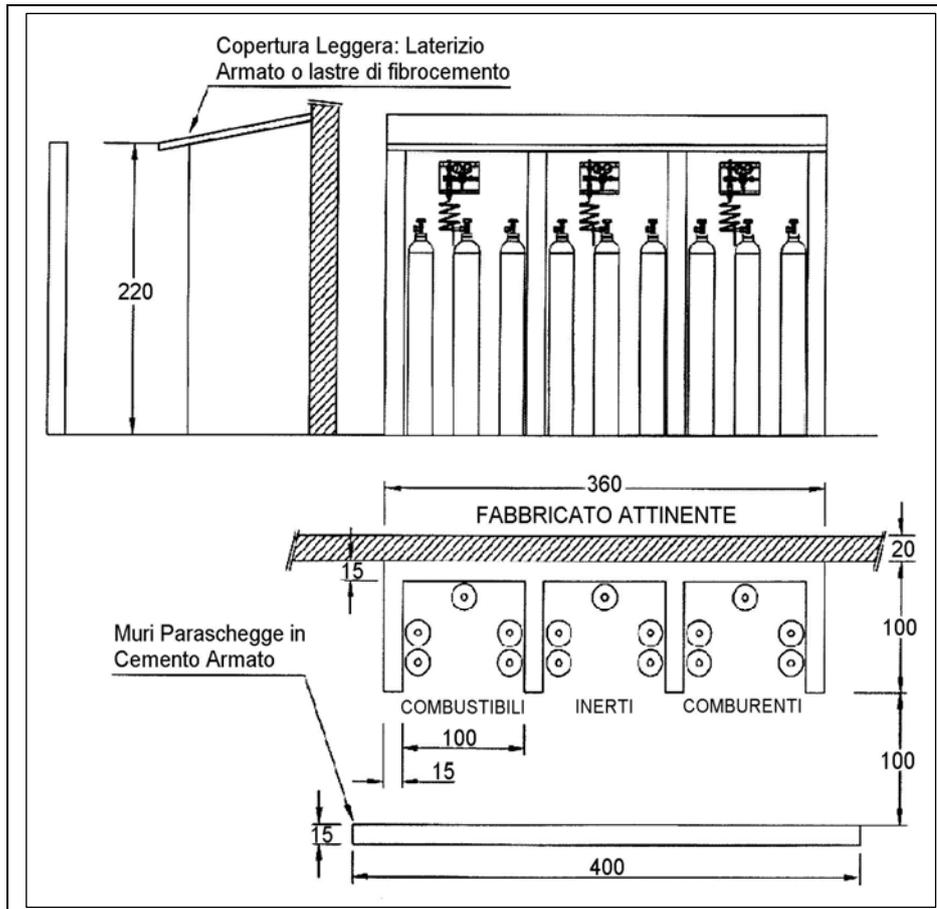
tipo di gas contenuto. In loro prossimità devono essere affissi dei cartelli che riportino i principali rischi e precauzioni.

7. È vietato immagazzinare in uno stesso locale bombole contenenti gas tra loro incompatibili (per esempio: gas infiammabili con gas ossidanti) e ciò per evitare, in caso di perdite, reazioni pericolose, quali esplosioni od incendi. In linea di principio, le bombole di gas inerte non reagendo con altre sostanze possono essere immagazzinate sia con quelle di gas infiammabili sia con quelle di gas ossidanti.
8. È necessario altresì evitare lo stoccaggio delle bombole in locali ove si trovino materiali combustibili o sostanze infiammabili.
9. Nei locali di deposito devono essere tenute separate le bombole piene da quelle vuote, utilizzando adatti cartelli murali per contraddistinguere le zone di appartenenza.
10. Nei locali di deposito le bombole devono essere tenute in posizione verticale ed assicurate alle pareti con catenelle od altro mezzo idoneo, per evitarne il ribaltamento.
11. I locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi (infiammabili, tossici, corrosivi) devono essere sufficientemente isolati da altri locali o luoghi di lavoro e di passaggio ed adeguatamente separati gli uni dagli altri.
12. I locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi devono essere dotati di adeguati sistemi di ventilazione. In mancanza di ventilazione adeguata, devono essere installati apparecchi indicatori e avvisatori automatici atti a segnalare il raggiungimento delle concentrazioni o delle condizioni pericolose. Ove ciò non sia possibile, devono essere eseguiti frequenti controlli e misurazioni.



13. Nei locali di deposito di bombole contenenti gas pericolosi e nocivi devono essere affisse norme di sicurezza concernenti le operazioni che si svolgono nel deposito, evidenziando in modo particolare i divieti, i mezzi di protezione generali ed individuali da utilizzare e gli interventi di emergenza da adottare in caso di incidente.
14. Nei locali di deposito di bombole contenenti gas asfissianti, tossici ed irritanti deve essere tenuto in luogo adatto e noto al personale un adeguato numero di maschere respiratorie o di altri apparecchi protettori da usarsi in caso di emergenza.

## Esempio di deposito



## Depositi per gas tossici

I gas tossici fino ad ora riconosciuti e come tali regolamentati dalle norme sono quelli riportati nella tabella a fine paragrafo e definiti come tali ai sensi del Regio Decreto del 9 gennaio 1927 n. 147. Sono non di meno da considerarsi tossici, anche se non ai sensi di tale Decreto, quelli individuati come tali dalle schede di sicurezza. Per entrambi valgono le stesse precauzioni od indicazioni tecniche nel deposito e nella detenzione, in particolare:

1. i box di gas tossici devono essere compartimentati rispetto a quelli di altre tipologie di gas;
2. i box per gas tossici incompatibili per reattività devono essere compartimentati tra di loro;
3. gas tossici non incompatibili chimicamente possono essere



- depositati nello stesso box;
4. contrariamente agli altri gas compressi i box devono essere realizzati in modo da assicurare il contenimento totale di eventuali fuoriuscite accidentali quindi i box devono essere a tenuta;
  5. i box devono essere attrezzati in modo da avere la possibilità di effettuare manovre dall'esterno per annegare le bombole in liquidi adatti a neutralizzare eventuali perdite;
  6. le porte dei box devono essere chiuse a chiave e la chiave deve essere custodita da un responsabile;
  7. i box devono essere dotati di sistemi di aerazione forzata per assicurare un buon ricambio e la completa bonifica dell'atmosfera prima dell'ingresso di persone, sistemi di abbattimento devono essere predisposti prima dello scarico in atmosfera dell'aria aspirata;
  8. è raccomandato l'uso di rivelatori degli specifici gas;
  9. devono essere predisposte procedure comprendenti eventuali sistemi di blocco temporizzati, verifica con strumenti dell'avvenuta completa bonifica del box, dispositivi di protezione individuale da usare in caso di necessità;
  10. all'esterno di ogni box devono essere affissi cartelli indicanti il tipo di gas contenuto, la quantità massima autorizzata, la segnaletica regolamentare indicante tipo di pericolo, divieti ed obblighi, devono inoltre essere disponibili le norme di sicurezza per l'esercizio del deposito e le procedure da seguire in caso di emergenza;
  11. deve essere gestito un registro di carico e scarico.

Tabella dei gas tossici ai sensi del Regio decreto n. 147/1927

	<i>Gas tossici</i>	<i>Utilizza- zione</i>	<i>Deposito</i>
<i>Numero d'ordine</i>	<i>Elenco delle sostanze tossiche che si trovano allo stato gassoso o che per essere utilizzate devono passare allo stato di gas o di vapore</i>	<i>Se occor- re auto- rizzazio- ne (art. 5) (*)</i>	<i>Quantità per auto- rizzazio- ne (art. 4)</i>
1	<b>Acido cianidrico</b> a) allo stato gassoso, da solo o mescolato con bromuro o cloruro di cianogeno o con sostanze comunque irritanti b) compresso o liquido, mescolato con sostanze stabilizzanti, e contenuto in recipienti ad alta pressione, soggetti a bollatura, secondo il Regolamento speciale c) allo stato liquido, mescolato con sostanze stabilizzanti, con sostanze comunque irritanti, impastato con sostanze inerti, contenuto in recipienti a piccola pressione	si  si  si	nessuna  nessuna  nessuna
2	<b>Ammoniaca</b> compressa o liquefatta e contenuta in recipienti ad alta pressione, soggetti a bollatura, secondo il Regolamento speciale	si (1)	<75 kg
3	<b>Anidride solforosa</b> a) in soluzione acquosa concentrata b) allo stato gassoso, da sola o mista ad anidride solforica c) allo stato gassoso misto a ossidi di carbonio d) compressa o liquefatta e contenuta in recipienti ad alta pressione, soggetti alla bollatura secondo il Regolamento speciale	no (2) si si	qualsiasi nessuna nessuna <75 kg
4	<b>Benzina</b> contenente composti organo-metallici ed altre sostanze tossiche	si (3)	nessuna (3)
5	<b>Cianuri</b> cianuri alcalini di potassio e di sodio, cianuro di calcio da solo o mescolato con altre sostanze, cianuri di bario, di argento, di cadmio, di rame e di zinco. a) in soluzione acquosa a concentrazione inferiore allo 0,2%, calcolata come CN b) allo stato solido, per la sola preparazione del reattivo di Drabkin e di Van Kampen	no (4)  no  no	nessuna  <100 kg  <100 kg

6	<b>Cloro</b>	a) in soluzione acquosa b) allo stato gassoso c) compresso o liquefatto e contenuto in recipienti ad alta pressione, soggetti a bollatura secondo il Regolamento speciale	no sì	qualsiasi --  sì <75 kg
7	<b>Cloropicrina</b>	(nitrodorofornio)	(5)	<1 kg
8	<b>Cianogeno</b>	(bromuro o cloruro di)	sì	nessuna
9	<b>Etere ciano-carbonico</b>	da solo o mescolato a sostanze comunque irritanti	sì	nessuna
10	<b>Fosgene</b>	(cloruro di carbonile) compresso o liquefatto e contenuto in recipienti soggetti a bollatura secondo il Regolamento speciale	sì	nessuna
11	<b>Isonitrile</b>	(tipo fenil-isonitrile)	sì	nessuna
12	<b>Ossido di etilene</b>	da solo o mescolato con altre sostanze	sì	nessuna
13	<b>Piombo tetraetile</b>		sì	nessuna
14	<b>Solfuro di carbonio</b>		(6)	<5 l.
15	<b>Idrogeno fosforato</b>	da solo o mescolato con altre sostanze capaci di liberarlo allo stato gassoso	sì	nessuna
16	<b>Bromuro di metile</b>		sì	nessuna
17	<b>Piombo tetrametile</b>		sì	nessuna
18	<b>Solfato di metile</b>		sì	nessuna
19	<b>Cloruro di metile</b>		sì	<75 kg
20	<b>Acido fluoridrico</b>		sì	(7)

21	<b>Trifluoruro di boro</b>	sì (8)	nessuna
22	<b>Metilmercaptano</b>	sì	nessuna
23	<b>Tetraidrotiofene</b>	sì >1 kg (9)	<1 kg (9)
24	<b>Dimetilsolfuro</b>	sì >1 kg (9)	<1 kg (9)
25	<b>Etilisopropilsolfuro</b>	sì >1 kg (9)	<1 kg (9)
26	<b>Etilmercaptano</b>	sì >1 kg (9)	<1 kg (9)
27	<b>Diethylsolfuro</b>	sì >1 kg (9)	<1 kg (9)

Note alla tabella dei gas tossici:

(\*) La concessione delle autorizzazioni all'uso e la custodia è di competenza del Sindaco/Usl; per il trasporto il rilascio della licenza o permesso è di competenza la Pubblica Sicurezza.

(1) L'autorizzazione non occorre per i piccoli impianti per refrigerazione che utilizzano meno di 75 Kg

(2) Non occorre l'autorizzazione soltanto se l'utilizzazione è fatta a scopi agricoli o enologici

(3) Non occorre autorizzazione per la benzina contenente per ogni litro non più di 8/10 cc di piombo tetraetile o 5,5/10 cc di piombo tetrametile, equivalenti a 0.85 g di Pb. In caso che vengano miscelate entrambe le sostanze il contenuto di Pb non dovrà superare predetto limite massimo di 0.85 g per ogni litro di benzina.

La benzina trattata come sopra deve essere contenuta in recipienti originali recanti in modo evidente l'indicazione che la benzina stessa contiene piombo tetraetile e piombo tetrametile o loro miscela e deve essere utilizzata solo come carburante per motori a scoppio: sui recipienti devono essere indicate le istruzioni circa l'uso.

(4) In quanto non siano utilizzati per la produzione di acido cianidrico gassoso

(5) Non occorre autorizzare soltanto per l'utilizzazione fino a 100 g in aperta campagna.

(6) Non occorre autorizzare soltanto per l'utilizzazione di 5 litri in aperta campagna ovvero di qualsiasi quantità in magazzini di cereali e silos riconosciuti idonei e autorizzati dalle autorità competenti

(7) non occorre autorizzazione per :

a) HF in soluzione acquosa sino al 40%

b) HF in soluzione acquosa sino all'85% per quantitativi non superiori a 50 kg netti

c) HF anidro liquefatto in recipienti a pressione per quantitativi non superiori a 60 Kg netti

(8) Non occorre licenza al trasporto nè autorizzazione all'utilizzo, custodia e conservazione per quantitativi fino a 5 Kg di trifluoruro di boro in soluzione.

Occorrono sempre autorizzazioni e licenza per quantitativi superiori e per il trifluoruro di boro compresso in bombole.

(9) Non si applicano le norme del regolamento per l'impiego dei gas tossici al gas di città ed al GPL nei quali la sostanza sia presente come odorizzante.

### Conservazione delle bombole nei laboratori

Considerando il rischio potenziale di una bombola contenente qualsiasi tipo di gas compresso, liquefatto o disciolto, dovrebbe essere vietato mantenere bombole all'interno dei luoghi di lavoro, due sono infatti i principali rischi derivanti da questa consuetudine:

- la formazione di atmosfere pericolose;
- lo sprigionarsi dell'energia potenziale in forme incontrollate.

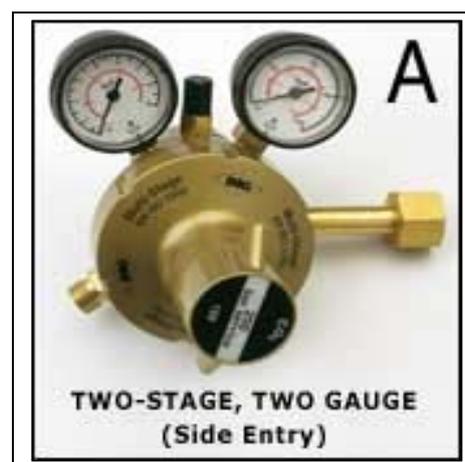
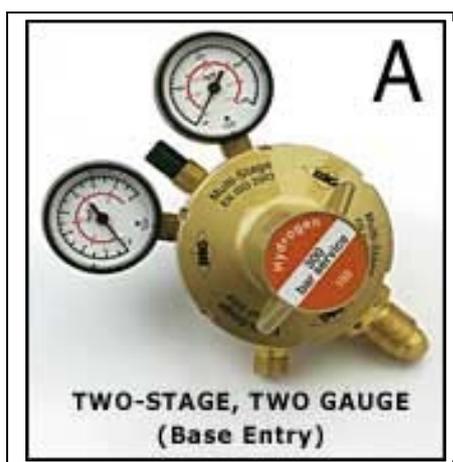
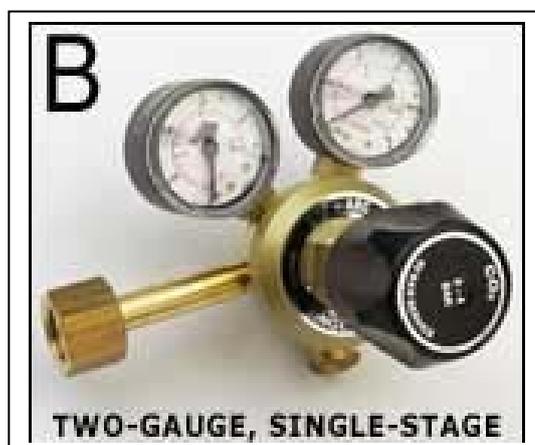
Qualora si decida comunque di conservare le bombole d'uso, mai quelle di riserva, nel laboratorio esistono alcuni accorgimenti da seguire.

1. È consigliabile tenere le bombole in armadi aspirati le cui condizioni di ventilazione devono dipendere dal tipo di gas.
2. Utilizzare sensori con allarmi e blocchi sulla condotta di alimentazione di prodotti infiammabili.
3. Prevedere flussometri sulle cappe in cui è conservata una bombola di gas tossico che in mancanza di aspirazione blocchino l'erogazione del gas o diano un allarme.
4. Le bombole possono essere dotate di una valvola di sicurezza a valle della propria valvola che verrà lasciata sempre aperta durante la permanenza in laboratorio, se il gas è infiammabile la valvola di sicurezza va convogliata fuori da laboratorio.

### 3.6 Messa in esercizio

#### Riduttori di pressione

Il riduttore di pressione è un dispositivo che viene collegato alla bombola oppure alle prese a parete di distribuzione dei gas nei laboratori e serve per diminuire la pressione e consentire l'utilizzo del gas da parte dell'utenza. Non si può mai utilizzare una bombola senza riduttore. I riduttori di pressione possono essere a membrana o a soffiello, in entrambi i casi si dividono in due tipi: a singolo o doppio stadio.

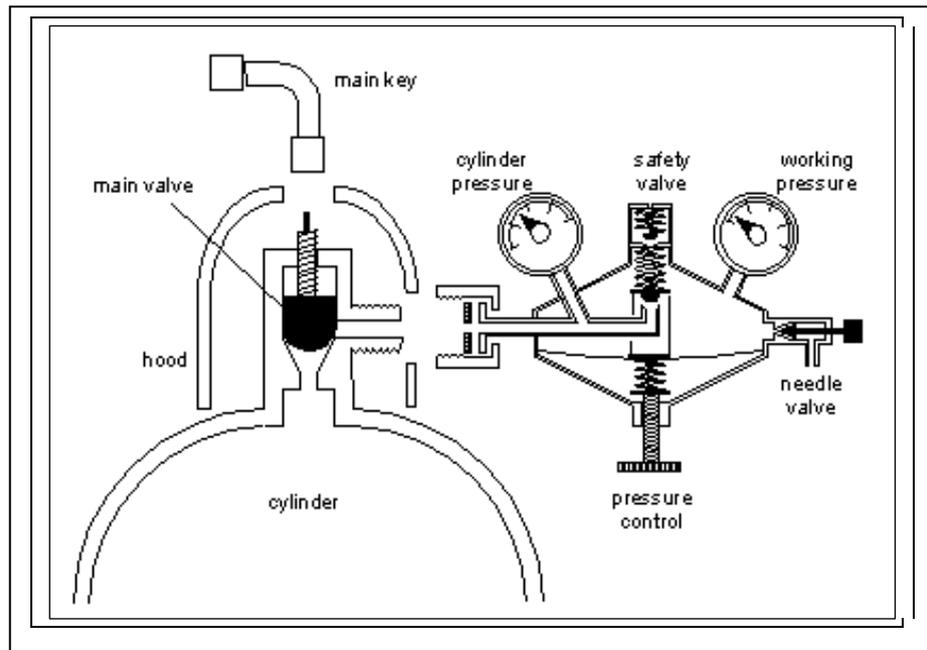


#### Riduttore di pressione a singolo stadio (B)

Normalmente un riduttore di pressione è composto da:

- Un raccordo di entrata, diverso per ogni gas, che serve per l'attacco alla valvola della bombola.
- Un corpo cromato su cui sono montati i due manometri.
- Un manometro per la misura della pressione interna alla bombola

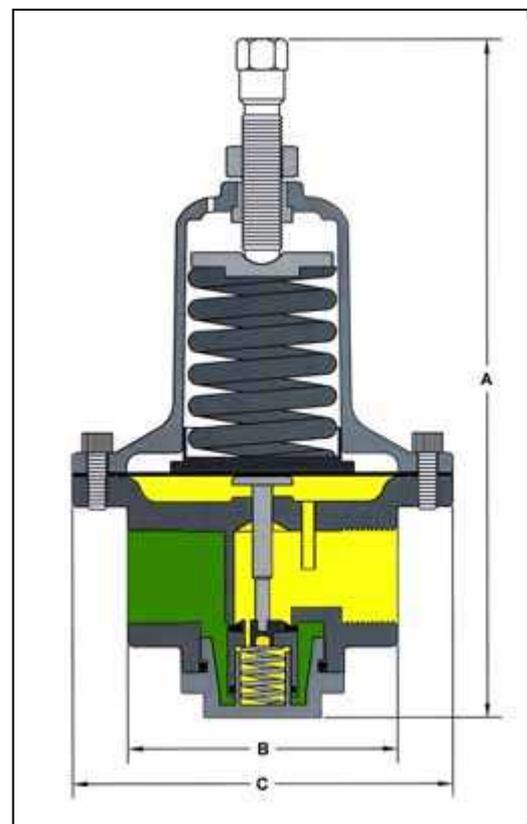
- Un secondo manometro per misurarne la pressione in uscita o a volte un flussimetro per misurarne la portata
- Un raccordo di uscita per collegare il tubo di gomma
- Un volantino di regolazione dell'erogazione
- Una valvola a spillo per la regolazione fine
- Una valvola di sicurezza per le accidentali sovrappressioni

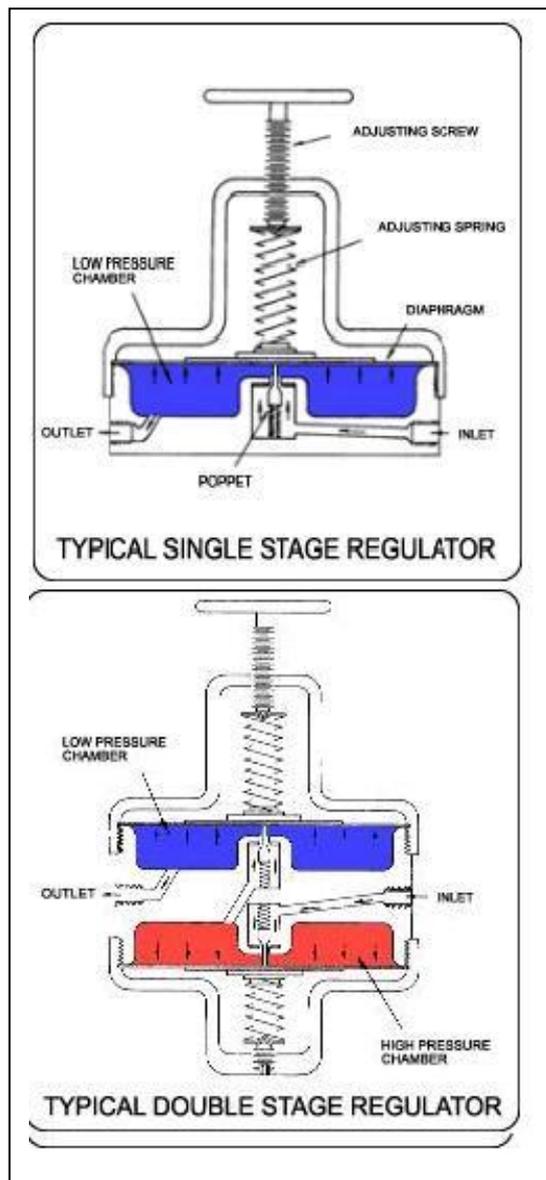


Agendo sulla manopola di regolazione della pressione, si comprime la molla superiore che spingendo il diaframma muove lo stelo che apre la valvola riduttrice. Una piccola quantità di gas fluisce dalla camera ad alta pressione a quella a bassa pressione, il gas spinge sul diaframma e quando la sua forza supera il carico della molla superiore (che sarà uguale alla pressione in uscita dal riduttore), il diaframma si muove in senso contrario e chiude la valvola riduttrice.

### Riduttore di pressione a doppio stadio

Questo tipo di regolatore riduce la pressione della bombola al livello di utilizzo in due passaggi. La pressione della bombola è ridotta dal primo stadio ad un livello intermedio e predeterminato che permette al secondo stadio di operare una seconda riduzione più accurata in funzione della pressione imposta per l'utilizzo. Certamente questa tipologia costruttiva consente di ottenere una pressione di utilizzo esente da variazioni indotte dal decadimento della pressione in bombola.





### Come si monta il riduttore di pressione

1. Posizionare una guarnizione nuova (compatibile con il gas utilizzato) ed allineare il riduttore all'attacco della bombola.
2. Avvitare il dado a mano quanto più possibile.
3. Impiegare chiavi di dimensione idonea per l'operazione di serrare o svitare il dado.
4. Non utilizzare mai chiavi a rullino ma usare solo chiavi fisse.
5. Si raccomanda di non impugnare mai, per tale operazione, parti del riduttore fragili, ad esempio i manometri.



### **Controllo della tenuta**

Il controllo di tenuta di una bombola può essere fatto utilizzando acqua saponata e osservando lo sviluppo o meno di bollicine che come tali indicano una fuoriuscita di gas.

### **Come si agisce sul riduttore per aprire una bombola**

Una volta ricollegato il riduttore alla nuova bombola, si potrà aprire la valvola alta pressione di quest'ultima, controllata la tenuta della connessione, si potrà passare ad impostare la pressione in uscita, agendo sull'asta di manovra del riduttore; ruotandola in senso orario, dopo alcuni giri a vuoto, comincerà a spingere sulla molla, che a sua volta spingerà sulla membrana, che aprirà l'otturatore; sul manometro del secondo stadio possiamo leggere la pressione impostata, l'ago deve muoversi in sincrono ai movimenti dell'asta di manovra, se si verificano salti improvvisi di pressione la membrana è in procinto di rompersi ed il riduttore va revisionato.

Solo a questo punto è possibile aprire la valvola a spillo del riduttore, che consente una regolazione abbastanza precisa del flusso.

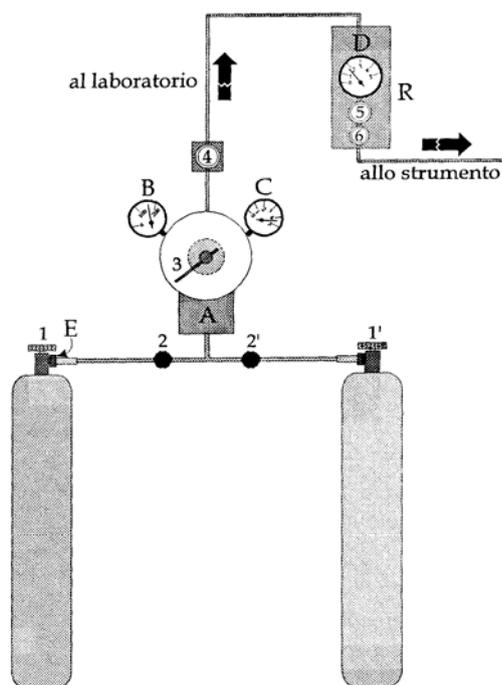
### **Come si smonta il riduttore di pressione**

La prima delle operazioni da eseguire è chiudere ogni parte del sistema di decompressione, partendo dalla più lontana, cioè la valvola a spillo di ingresso in linea, poi si ruoterà in senso antiorario l'asta di manovra del riduttore chiudendo così l'otturatore, in ultimo si chiuderà la valvola alta pressione della bombola vuota.



1. Allentare le connessioni girevoli con chiavi di dimensione idonea
2. Dopo aver allentato con le chiavi il dado svitare a mano il dado fino al suo disimpegno
3. Allontanare il riduttore sostenendolo saldamente

### Procedura standard per la sostituzione delle bombole



#### legenda

- |   |   |
|---|---|
| 1 | valvola apri/chiodi di erogazione del gas della bombola: da mantenere tutta aperta durante l'esercizio;   |
| 2 | valvola di riduzione dell'erogazione del gas della bombola: da mantenere tutta aperta durante l'esercizio;  |
| 3 | valvola di regolazione della pressione nell'impianto: da regolare alle pressioni massime di 4 atm per He e H <sub>2</sub> e di 5 atm per aria e N <sub>2</sub> (pressioni lette sul manometro C); |
| 4 | valvola di regolazione della pressione di rampa: da mantenere tutta aperta durante l'esercizio;   |
| 5 | valvola di regolazione della pressione di esercizio del gas: da regolare alla pressione di 2 atm (letta sul manometro D, con la valvola 6 aperta) durante l'uso degli strumenti;                  |
| 6 | valvola di intercettazione del gas d'esercizio in uscita dal riduttore: da mantenere tutta aperta durante l'uso degli strumenti.  |
| A | polmone di espansione del gas;  |
| B | manometro della pressione del gas della bombola (nelle bombole piene è pari circa 200 atm per N <sub>2</sub> , aria e H <sub>2</sub> e circa 150 atm per He);                                     |
| C | manometro della pressione dell'impianto (da fissare, mediante la valvola 3);  |
| D | manometro della pressione di esercizio del gas (da fissare mediante la valvola 5, con la valvola 6 aperta, alla pressione di 2 atm);  |
| E | dado di connessione tra bombola e riduttore;  |
| R | riduttore della pressione del gas, alloggiato nel laboratorio.  |

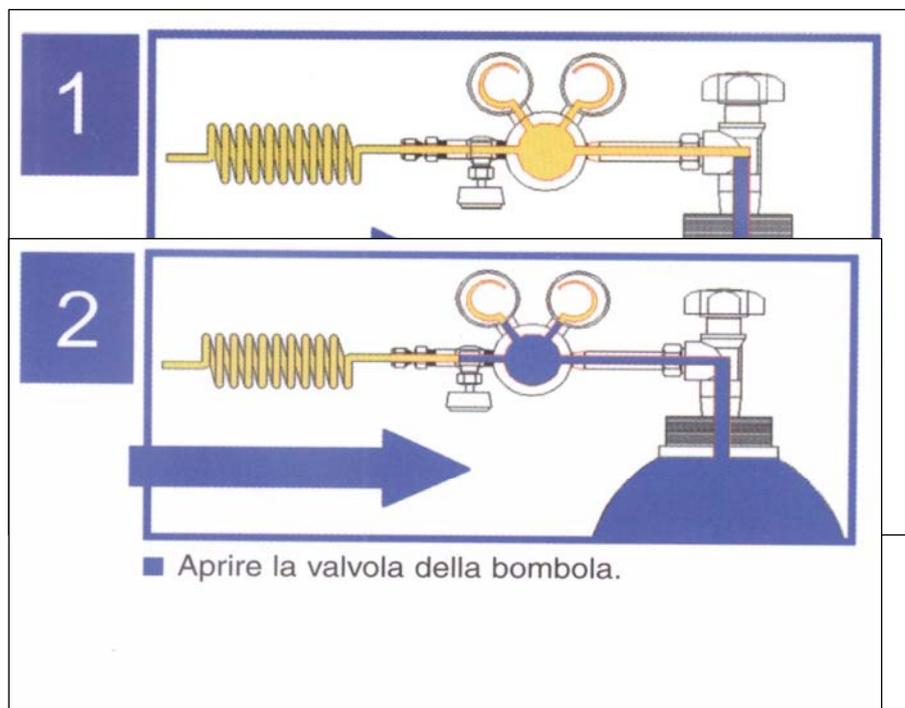
#### La procedura è la seguente:

1. verificare l'effettivo esaurimento del gas della bombola da sostituire: aprendo completamente le valvole 1 e 2 verificare che la pressione del gas, indicata dal manometro B, sia praticamente nulla;
2. rimuovere la bombola esaurita:
  - a) chiudere le valvole 1 e 2,
  - b) svitare il dado E di connessione della bombola alla linea di distribuzione,
  - c) sistemare la bombola esaurita, con il cartellino con la scritta "vuota", nella zona del deposito ad essa destinata;
3. alloggiare la bombola piena:
  - a) svitare il coperchio di protezione della bombola piena,

- b) verificare se è richiesta o no una guarnizione di tenuta nella connessione tra bombola e riduttore di pressione,
  - c) se necessario, inserire l'adatta guarnizione,
  - d) collegare il tubo della rampa alla bombola senza stringere più del necessario il dado E;
4. procedere alla prova di tenuta della bombola piena:
- a) chiudere la valvola 4 e aprire la valvola 2,
  - b) aprire delicatamente la valvola 1 della bombola (dopo aver escluso, tramite le valvole 1' e 2', il collegamento con l'altra bombola nel caso di impianti a doppia rampa),
  - c) richiudere la valvola 1 della bombola e controllare che la pressione indicata dal manometro C sia costante;
  - d) se dopo alcuni secondi la pressione tende a diminuire significa che c'è una perdita e occorre stringere il dado E di collegamento tra il tubo della rampa e la bombola;
  - e) ripetere la prova di tenuta,
  - f) dopo aver verificato la tenuta del circuito del gas chiudere le valvole 1, 2 e 4;
5. mettere in esercizio la bombola e regolare la pressione del gas nella rampa:
- a) accertarsi che siano chiuse le valvole 1' e 2' negli impianti a doppia rampa,
  - b) riaprire le valvole 1, 2 e 4,
  - c) regolare la pressione del gas, letta sul manometro C, mediante la valvola 3: la pressione non deve superare le 4 atm per i gas He e H<sub>2</sub> e le 5 atm per i gas aria e N<sub>2</sub>;
6. regolare la pressione di esercizio del gas nei riduttori del laboratorio: la pressione di esercizio del gas, regolata dalla valvola 5 e con la valvola 6 aperta, non deve superare le 2 atm (letta sul manometro D);
7. comunicare al tecnico incaricato l'avvenuta sostituzione della bombola;
8. verificare la disponibilità di un'altra bombola dello stesso gas.

### Istruzioni per il lavaggio dei riduttori

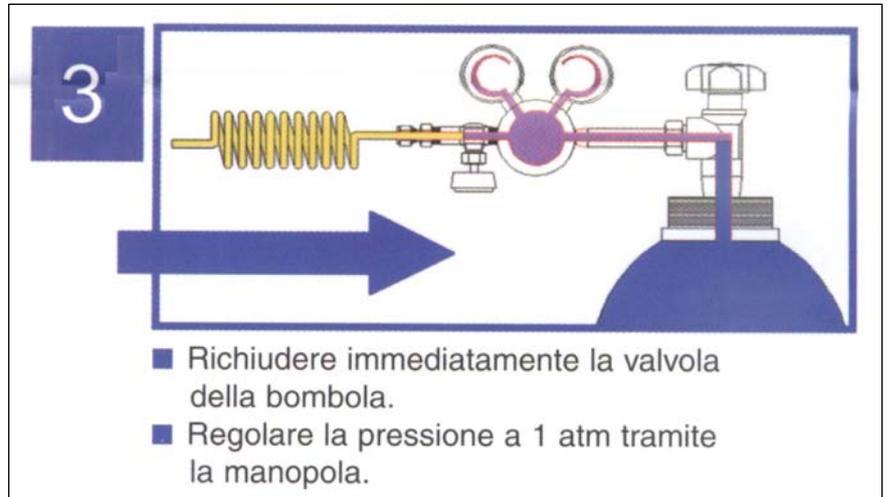
Il gas si trova nella bombola il riduttore è pieno d'aria



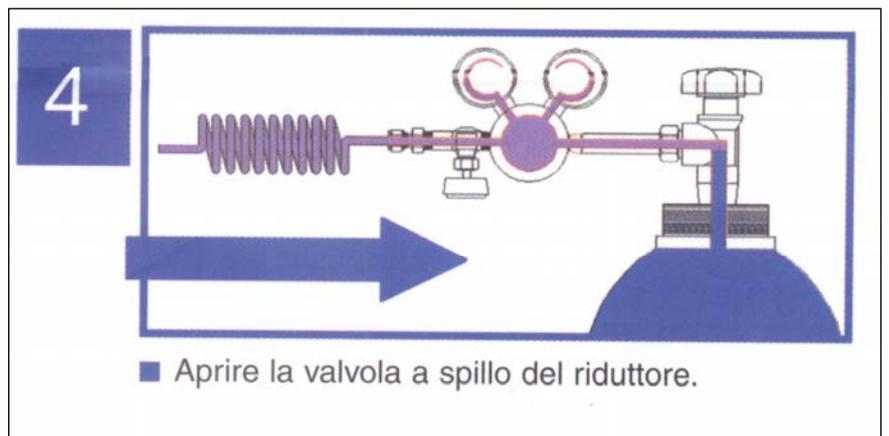
Il gas proveniente dalla

bombola si aggiunge all'aria presente nel riduttore. In questo modo l'aria tende a comprimersi negli spazi morti del riduttore

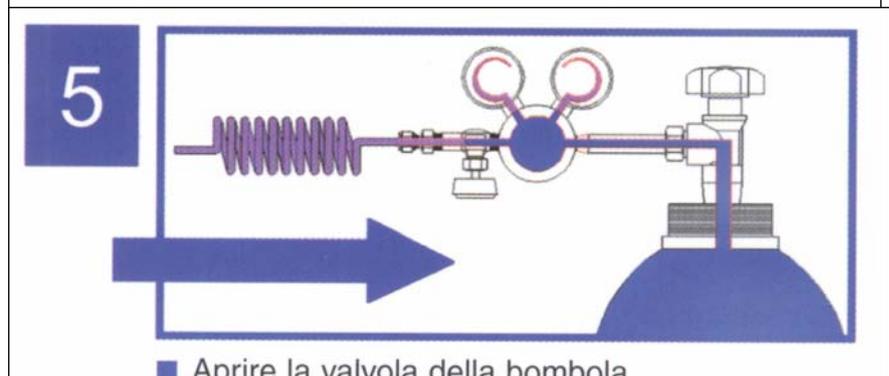
Il gas e l'aria si miscelano nel riduttore.



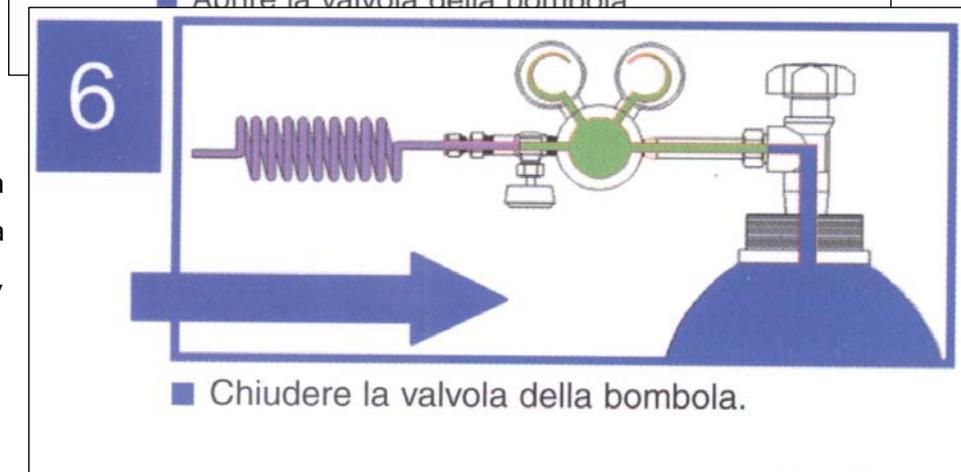
Con lo spurgo all'aria, nel riduttore rimane 1 atm di miscela.



Il gas proveniente dalla bombola si aggiunge alla miscela presente nel riduttore.

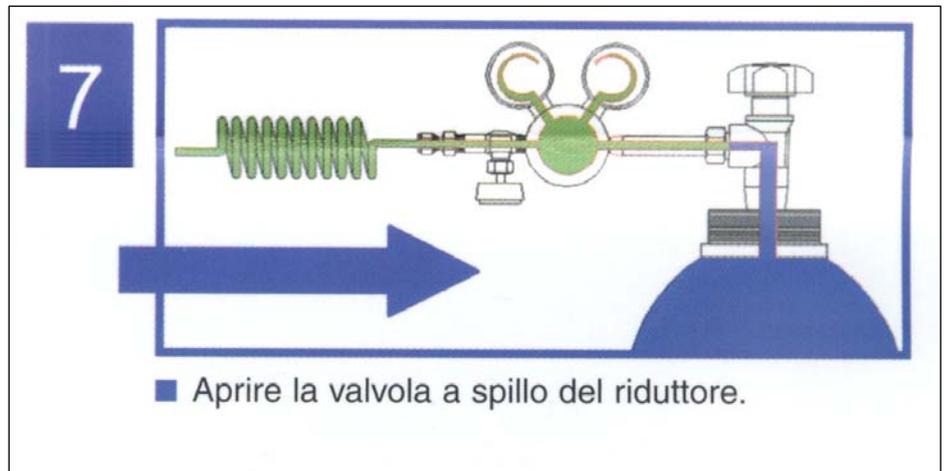


Il gas proveniente dalla bombola si mescola alla miscela presente nel riduttore,

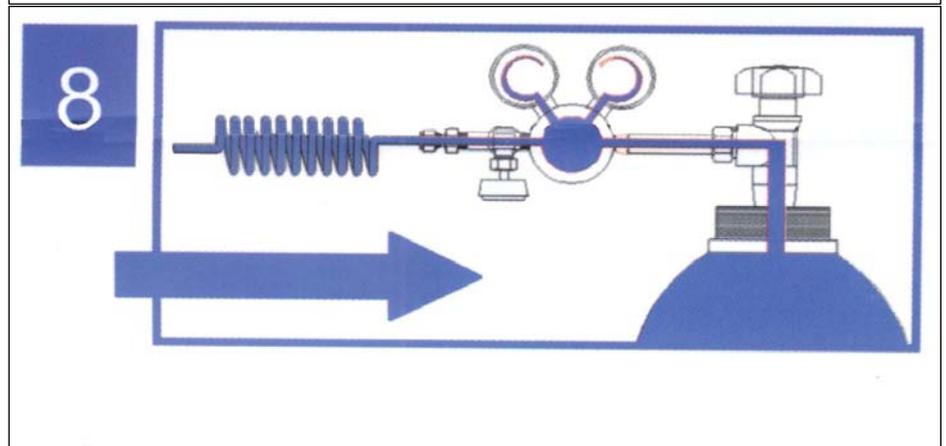


formando una miscela simile al contenuto della bombola.

Con lo spurgo all'aria nel riduttore rimane 1 atm di miscela diluita.

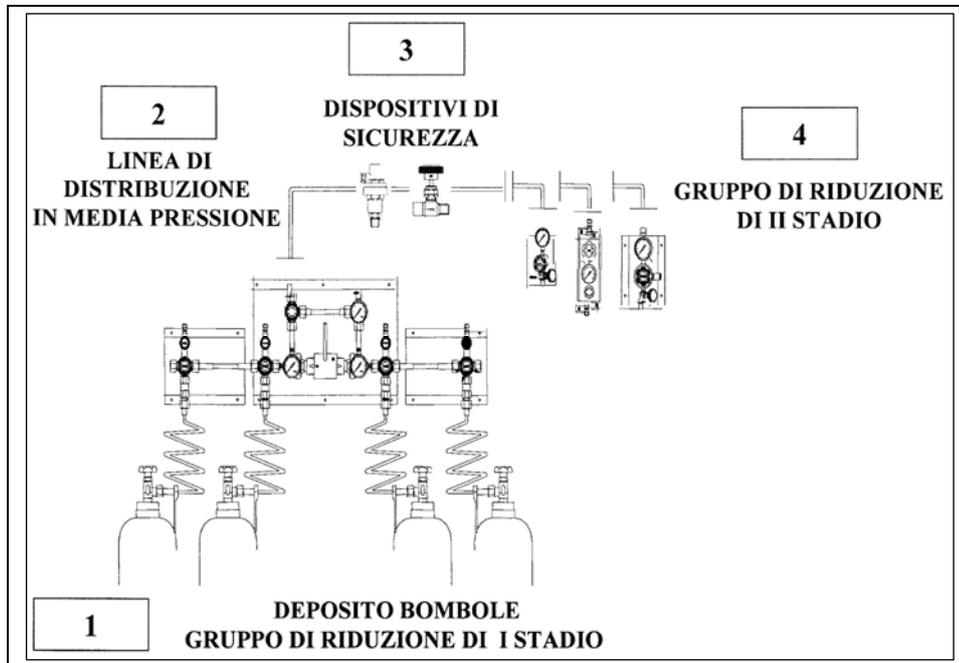


Ripetendo più volte le operazioni di pressurizzazione e spurgo, la bombola e il riduttore conterranno lo stesso tipo di gas.



### 3.7 Sistemi di decompressione centralizzati

L'impianto tipico centralizzato per la distribuzione di gas compressi si compone di quattro parti fondamentali che possono essere affiancate da una vasta serie di accessori come pressostati, flussimetri o analizzatori vari.



#### Gruppi di riduzione di I stadio

Nel caso di un sistema di decompressione centralizzato, dobbiamo tenere presente alcune differenze dalla messa in servizio di un semplice riduttore di pressione.

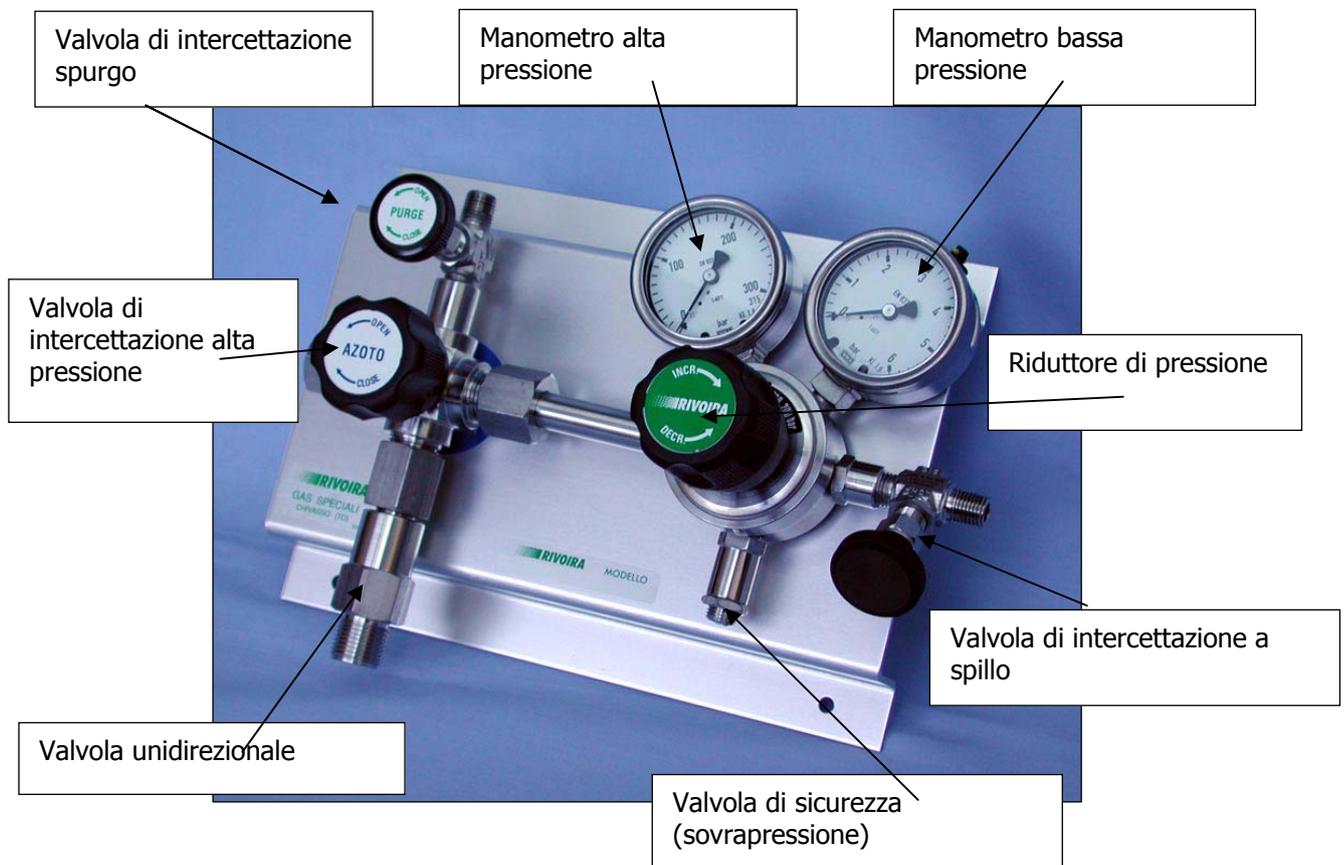
Come nel mettere in uso un riduttore, è fondamentale chiudere ogni parte della centrale, prima ancora di smontare la bombola vuota, questo ci consente di limitare le contaminazioni da aria e, fondamentalmente, ci evita di essere esposti a gesti irresponsabili di altri.

Connessa la nuova bombola, possiamo aprire la valvola alta pressione del sistema, che generalmente è dotato di una valvola di spurgo, che facilita tutte le operazioni di lavaggio descritte pocanzi; infatti aprendola per pochi secondi, il gas contenuto nella bombola spingerà fuori l'aria entrata nella serpentina e trascinerà per effetto Venturi quella che si era spinta fino all'otturatore.

A questo punto si può procedere all'impostazione della pressione di linea, agendo sull'asta di manovra del riduttore.

E' importante tenere presente che non è possibile impostare una pressione inferiore a quella residua nella linea. Il riduttore si comporta come una valvola di non ritorno, quindi per poter ridurre la pressione impostata sul riduttore bisogna scaricare la linea agendo su di un posto presa a valle della linea stessa, ricordandosi di aprire la valvola a spillo, solo in questo modo è possibile riportare a zero l'ago del manometro di linea.

Ora, richiusa la valvola a spillo, possiamo impostare la nuova pressione di linea, e solo dopo questa operazione riapriremo la valvola a spillo per avere il gas disponibile in linea.



La valvola alta pressione della bombola, opportunamente ancorata alla rastrelliera infissa a parete, viene collegata alla centrale di decompressione a mezzo di una serpentina metallica, che a seconda del gas contenuto nel recipiente potrà essere in rame o acciaio inossidabile; questa componente dell'impianto è una delle più sollecitate e soprattutto mal utilizzate.

La sua forma e duttilità, sono concepite per facilitare la connessione di recipienti che possono avere dimensioni differenti, senza arrecare il minimo danno alla serpentina stessa, quindi per nessun motivo deve essere tirata, allungata, deformata come generalmente si vede nella stragrande maggioranza dei depositi, dove la sua duttilità viene spesso erroneamente considerata funzionale alla messa in servizio di bombole lontane dall'unico posto utile alla connessione alla centrale



Questo perché il metallo per quanto duttile se meccanicamente sollecitato può danneggiarsi fino al punto di recidersi.

## Gruppo di riduzione di II stadio

Posto presa con riduttore di pressione monostadio a membrana



Posto presa completo di presa ad innesto e riduttore di pressione monostadio a soffietto



## 4. Liquidi criogenici

Vengono considerati liquidi criogenici i liquidi con un punto di ebollizione inferiore ai  $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ , i più comuni rientrano nella categoria dei gas atmosferici liquefatti: azoto, ossigeno, anidride carbonica, argon. La maggior parte delle precauzioni per la sicurezza osservate per i gas compressi sono applicabili anche ai liquidi criogenici a cui vanno però addizionati i pericoli derivanti direttamente dal particolare stato fisico dei liquidi stessi, cioè la temperatura estremamente bassa, da cui lo sviluppo per evaporazione di grandi volumi di gas a partire da piccole quantità di liquido e la tendenza all'accumulo dei vapori freddi negli strati più bassi dell'ambiente.

In generale i principali pericoli connessi con l'utilizzo dei liquidi criogenici sono: contatto, sottoossigenazione, incendio o esplosione, tossicità. Per evitare e ridurre al minimo tali pericoli occorre conoscere le particolari proprietà dei fluidi criogenici e le modalità più corrette da seguire per il loro utilizzo.

### 4.1 I pericoli nell'uso dei liquidi criogenici

#### Contatto

Il contatto con liquidi criogenici provoca sulla pelle lesioni del tutto simili ad ustioni (ustioni criogeniche o bruciature fredde). L'entità del danno aumenta con il diminuire della temperatura e con il prolungarsi della durata del contatto. Particolare attenzione occorre porre nel proteggere mucose e tessuti particolarmente sensibili come gli occhi, essi infatti possono essere danneggiati anche da una esposizione che normalmente sarebbe troppo breve per intaccare la pelle. L'azione anestetizzante del freddo talvolta provoca congelamenti senza che ci si accorga di ciò che sta avvenendo: guanti non adatti bagnati nell'idrogeno liquido, ad esempio, possono provocare molto facilmente il congelamento di una mano. Si possono poi anche avere effetti del freddo sui polmoni. Una breve esposizione può causare sensazioni di malessere. Una prolungata inalazione di vapori di gas freddi, respirabili oppure no, può produrre seri effetti sui polmoni.

L'unica soluzione è quindi quella di evitare il contatto e ciò è possibile indossando sempre gli appropriati dispositivi di protezione individuali e seguendo scrupolosamente precise norme comportamentali.

#### Norme di primo soccorso

Nel caso non si sia riusciti ad evitare un contatto accidentale con il liquido criogenico è necessario adottare le seguenti norme di pronto soccorso:

1. Se la lesione è grave o estesa, oppure è a carico degli occhi, trasportare la vittima all'ospedale.

2. In caso di lesioni con formazione di vescicole lavare o immergere la parte lesa in acqua tiepida con una temperatura tra i 35 °C e i 45 °C. Una temperatura troppo elevata potrebbe causare un'ulteriore bruciatura sui tessuti congelati.
3. Non scaldare direttamente la parte lesa mediante calore secco per esempio con phon.
4. Non rompere le vescicole.
5. Applicare sulla lesione delle garze sterili ma mai oli o altri unguenti.
6. I tessuti congelati sono insensibili e appaiono di un colore giallo pallido, diventano gonfi e inclini all'infezione quando si disgelano. Non riscaldare rapidamente, il disgelo può durare da 15 a 60 minuti e può continuare fino a quando il colore blu pallido della pelle diventa rosa o rosso.
7. Nel caso che si evidenzi un principio di congelamento o di shock coprire la vittima con una coperta.
8. Rimuovere qualsiasi indumento che possa rallentare la circolazione sanguigna.
9. Non permettere al ferito di bere alcol o di fumare, le bevande alcoliche e il fumo diminuiscono il circolo del sangue nei tessuti congelati, semmai somministrare qualche bevanda tiepida.

### **Asfissia**

L'evaporazione anche di una piccola quantità di liquido criogenico può sviluppare grandi volumi di gas che in un locale chiuso o scarsamente ventilato può portare ad una carenza di ossigeno. Poiché la maggior parte dei liquidi criogenici sono incolori e inodori questo pericolo non può essere evidenziato senza uno speciale equipaggiamento.

I sintomi di una deficienza di ossigeno sono (la concentrazione dell'ossigeno è riportata in %):

- 19%-15% riduzione della velocità di reazione;
- 15%-12% difficoltà di coordinazione, polso accelerato, respiro faticoso;
- 12%-10% vertigini, labbra blu, capacità di giudizio alterata;
- 10%-8% nausea, vomito, incoscienza;
- 8%-6% entro 4-8 minuti danni cerebrali, morte entro 8 minuti;
- 4% coma entro 40 secondi, assenza di respiro, morte.

Precauzioni da adottare per evitare situazioni di sott'ossigenazione:

- locali di lavoro con sufficiente ventilazione;
- scegliere dei recipienti che abbiano una capacità in litri più piccola del volume in metri cubi del locale;
- dotare le postazioni di lavoro di rilevatori di ossigeno;
- non entrare in spazi confinati (fosse, pozzi, ecc.) senza controllo e solo con rilevatore di ossigeno portatile.

### Norme di primo soccorso

Se una persona comincia a vacillare oppure perde i sensi mentre lavora in un ambiente con liquidi criogenici è necessario portarla immediatamente in un luogo ben ventilato. Se si è arrestata la respirazione occorre praticare la respirazione artificiale. In generale, ogniqualvolta una persona perde i sensi è necessario chiamare immediatamente il medico. Se sorge un qualsiasi dubbio circa la quantità di ossigeno in un locale si deve ventilare completamente l'ambiente prima di entrarvi.

## **Tossicità**

La maggior parte dei liquidi criogenici utilizzati non sono tossici, fra quelli che hanno un certo utilizzo ed una elevata tossicità si riportano il monossido di carbonio (CO), il fluoro (F<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>).

### Monossido di carbonio

Piuttosto raro oggi, era un prodotto collaterale nella produzione dell'idrogeno. Il pericolo di intossicazione è elevato anche in piccole concentrazioni poiché legandosi all'emoglobina si sostituisce all'ossigeno e ne impedisce il trasporto.

### Fluoro

Il fluoro è un gas di colore grigio altamente pericoloso. E' un ossidante estremamente potente ed esplosivo con l'idrogeno, ossida l'acqua per dare HF e ossigeno, si combina con il carbonio per dare CF<sub>4</sub>, si combina con gli alogeni ed attacca tutti i metalli. Sia il contatto che la respirazione con gas di fluoro sono pericolosi. L'inalazione è comunque abbastanza improbabile grazie al suo odore pungente e caratteristico che l'uomo è in grado di avvertire anche a concentrazioni inferiori ai 0.2 ppm.

### Ozono

L'ozono irrita gli occhi e la pelle anche a concentrazioni inferiori a 1 ppm.

## **Riduzione della visibilità**

In presenza di un flusso di gas freddo si possono generare nebbie dovute alla condensazione del vapore d'acqua dell'aria circostante del fluido e che possono causare una sensibile riduzione della visibilità.

## **Incendio o esplosione**

L'idrogeno liquido dovrebbe essere considerato con attenzione essendo per sua natura altamente infiammabile e bruciando con una fiamma quasi invisibile. Una fessura in un sistema con idrogeno può provocare l'ignizione elettrostatica del gas che fuoriesce. Inoltre, l'espansione rapida dell'idrogeno criogenico può creare una situazione esplosiva, a causa della sua bassa temperatura: l'idrogeno liquido può infatti condensare l'aria rendendola più ricca di ossigeno e creando così una miscela esplosiva.

La concentrazione normale dell'ossigeno in aria è del 21%. Un aumento al 25% provoca un incremento significativo della possibilità di incendio, in altre parole maggiore è la percentuale di ossigeno minore è l'energia richiesta per iniziare l'incendio. A concentrazioni del 30 % e superiori c'è un notevole rischio di incendio per vestiti e simili; una volta incendiati essi bruceranno con violenza e potranno essere spenti solo con una grande quantità di acqua distribuita su tutto il corpo. Anche alcuni materiali normalmente resistenti al fuoco possono bruciare in concentrazioni di ossigeno >30%. Inoltre atmosfere arricchite in ossigeno causano la reignizione spontanea di incendi estinti.

E' bene ricordarsi di non utilizzare mai, per raffreddare miscele infiammabili, bagni con azoto o aria liquida in presenza di aria, poiché l'ossigeno può condensare dall'aria creando pericolo di esplosione.

## 4.2 Proprietà dei fluidi criogenici

Il comportamento delle diverse sostanze a bassa temperatura è per lo più estraneo alla nostra normale esperienza e ciò può esporci a rischi a cui non siamo abituati, per evitare ciò è necessaria una appropriata conoscenza delle proprietà dei fluidi criogenici. Nella tabella vengono riportate le proprietà fisiche dei fluidi criogenici più comuni.

	He <sup>3</sup>	He <sup>4</sup>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	F <sub>2</sub>	Ar	O <sub>2</sub>
Peso molecolare	3.00	4.003	2.016	28.01	28.00	38.00	39.95	32
Ebollizione (°K)	3.19	4.22	20.4	77.4	81.7	85.0	87.3	90.2
Punto triplo (°K)			13.96	63.1	68.1	53.5	83.8	54.4
Punto triplo (kPa)			7.2	12.5	15.4	0.25	68.9	0.15
Temperatura critica (°K)	3.32	5.2	33.2	126.3	132.9	144.3	150.9	154.6
Pressione critica (bar)	1.16	2.27	13.2	34	35	52.2	49.06	50.4
Densità liquido (kg/m <sup>3</sup> )		125	71.0	809	792	1502	1393	1141
Densità liquido/vapore		7.4	53	175	181	267	241	255

### Densità dei gas

Idrogeno ed elio sono molto più leggeri degli altri gas tendono quindi ad accumularsi nelle zone più alte dei locali, è essenziale perciò maneggiarli in luoghi con adeguata ventilazione del soffitto, in particolare l'idrogeno che forma miscele esplosive con l'aria in un ampio intervallo di concentrazioni. L'argon è considerevolmente più pesante dell'aria è quindi necessario fare attenzione che non si accumuli nelle zone basse dei locali.

Un gas raffreddato vicino al suo punto di ebollizione è considerevolmente più denso che alla temperatura ambiente. Ad esempio, la densità dell'azoto cresce di quattro volte rispetto al suo valore a temperatura ambiente; mentre si scalda, si comporta come un gas pesante e tende ad accumularsi nei punti bassi. Questo, insieme al fatto che l'azoto è asfissiante, spiega perché deve esserci una adeguata ventilazione quando si usa azoto liquido come refrigerante.

### Densità dei liquidi

Le densità dell'idrogeno e dell'elio liquidi sono un ordine di grandezza più piccole delle densità dell'ossigeno e dell'azoto liquidi. Questo significa che i recipienti costruiti per l'idrogeno o l'elio possono essere soggetti ad eccezionali pesi meccanici se sono riempiti con ossigeno o azoto. La situazione è aggravata dal fatto che i recipienti per l'idrogeno e l'elio vengono progettati per dare la massima protezione contro l'entrata di calore e conseguentemente i loro sistemi di supporto tendono ad essere relativamente fragili. Similmente, si deve fare attenzione a non sottoporre grandi recipienti a bassa

pressione, destinati a contenere fluidi con densità minore dell'acqua, a carichi eccessivi, per esempio riempiendoli di acqua per test di pressione.

### **Punto di ebollizione**

Come si può vedere dalla tabella l'azoto ha un punto di ebollizione più basso dell'ossigeno, il che significa che l'ossigeno condensa più facilmente dell'azoto. Poiché l'aria, miscela di ossigeno e azoto, condensa alla temperatura dell'azoto liquido, la condensazione dell'aria può portare ad un liquido ad alta concentrazione di ossigeno. Quando questo liquido è parzialmente vaporizzato, l'azoto si libera più facilmente causando un ulteriore arricchimento di ossigeno del liquido non vaporizzato. Non riconoscere questo processo ha portato ad una serie di incidenti documentati in letteratura.

### **Punto di congelamento**

Il fatto che il punto di congelamento dell'argon sia solo 3.5 °K inferiore al suo punto di ebollizione ha provocato l'arresto di diversi impianti.

Le temperature di ebollizione dell'idrogeno e dell'elio sono così basse da causare il congelamento di tutti gli altri gas. L'ossigeno lasciato nel sistema durante il raffreddamento potrebbe depositarsi come solido e potrebbe esplodere a contatto con l'idrogeno; quindi è importante eliminare completamente l'ossigeno da un circuito ad idrogeno per esempio tramite un flusso di azoto. E' necessario ovunque possibile usare impianti ad idrogeno ed elio con valvole a pressione positiva ad alta tenuta in modo da prevenire infiltrazioni e solidificazioni di aria o altri gas.

### **Rapporto dei volumi tra gas e liquidi**

Il rapporto dei volumi tra gas a temperatura ambiente e liquidi al punto di ebollizione è compreso tra 450 e 850 per molti fluidi criogenici, ad eccezione del neon con un valore di 1415. Questo rapporto indica la pressione in bar che verrebbe generata dalla vaporizzazione del liquido contenuto in una ampolla alla pressione di 1 bar. Questo ci fa capire come il problema delle sovrappressioni non sia un problema da trascurare. In genere occorre porre particolare attenzione ai tubi di trasferimento che se inadeguatamente protetti possono condurre a costose perdite e ad esplosioni. Inoltre, i tubi di trasferimento sono delimitati da valvole: se dopo un trasferimento di liquidi criogenici entrambe le valvole vengono chiuse contemporaneamente, intrappolando liquido nel tubo, possono sorgere problemi di sovrappressione. Normalmente l'operatore deve chiudere una sola valvola e poi aspettare fino a quando all'interno del tubo si è formato abbastanza gas per risucchiare il liquido fuori dal tubo attraverso la valvola rimasta aperta; dopo di che anche quest'ultima può essere chiusa. Se l'operatore chiude la seconda valvola troppo velocemente, i liquidi verranno spruzzati dal tubo causando danni all'impianto. Speciali accorgimenti devono essere presi quando si aggiungono valvole addizionali o sistemi di controllo all'equipaggiamento già esistente, per assicurare che i liquidi non possano essere intrappolati tra le valvole.

### **4.3 Precauzioni da adottare nella manipolazione dei liquidi criogenici**

Le seguenti precauzioni sono da adottare per minimizzare i rischi connessi con l'utilizzo, lo stoccaggio e la distribuzione di liquidi criogenici.

#### **Dispositivi di protezione individuali**

Durante tutte le operazioni in cui si può incorrere nel rischio di contatto con liquidi criogenici o vapori da essi generati è necessario indossare i seguenti dispositivi di protezione individuale:

Protezione degli occhi: occhiali di sicurezza muniti di ripari laterali o schermo facciale.

Protezione delle mani: guanti di cuoio o di altro materiale idoneo. I guanti devono calzare in maniera ampia in modo da poterli gettare via rapidamente nel caso penetrasse del liquido all'interno.

Protezione del corpo: camici, tute o grembiuli

#### **Norme comportamentali**

1. Maneggiare sempre i liquidi con la massima cautela.
2. Tenersi sempre ad una distanza sicura da un liquido che bolle e schizza e dal gas da esso emanato.
3. Indossare sempre i dispositivi di protezione individuali.
4. E' consigliabile usare scarpe alte o comunque sufficientemente chiuse.
5. Quando si maneggiano dei liquidi in contenitori aperti, per aver cura di non versarli dentro le calzature indossare sempre pantaloni all'esterno delle calzature.
6. Eseguire sempre le operazioni di riempimento di un recipiente caldo o di immersione di oggetti nel liquido lentamente per minimizzare ebollizione e schizzi.
7. Evitare sempre il contatto di qualsiasi parte del corpo non protetta con tubazioni o recipienti non isolati contenenti gas atmosferici liquefatti: il metallo estremamente freddo può infatti aderire saldamente alla pelle lacerandola.
8. Usare sempre delle tenaglie o delle pinze, mai le mani, per estrarre oggetti immersi nel liquido.
9. Evitare di riempire i contenitori oltre il livello di sicurezza: l'eccesso di liquido aumenta il tasso di evaporazione ed il pericolo di trabocchi durante il trasporto.
10. Per il trasferimento di contenitori pieni utilizzare sempre mezzi appropriati (per es. carrelli) e non accompagnarli in ascensore.
11. Ricordare sempre che oggetti normalmente morbidi e pieghevoli a temperatura ambiente diventano estremamente duri e fragili alla temperatura di questi liquidi.

### **4.4 Apparecchiature per liquidi criogenici: installazione, manutenzione ed uso**

Per l'impiego e la manutenzione delle apparecchiature per liquidi criogenici è necessario attenersi sempre alle procedure prescritte dal costruttore. Chiunque lavori con questi liquidi dovrà essere

opportunamente addestrato. Le apparecchiature non devono mai essere manomesse o modificate senza l'intervento di un tecnico esperto.

## **Installazione**

Già in fase di progetto si devono tenere presenti i parametri fisici caratteristici dei liquidi criogenici. Alle basse temperature, ad esempio, i comuni acciai infragiliscono, vengono quindi usati appropriati acciai o metalli non ferrosi. Vanno poi studiati accuratamente l'isolamento delle tubazioni, gli effetti delle dilatazioni e delle contrazioni termiche.

### Esposizione al calore

Quando un recipiente pressurizzato è esposto al calore, può subire una rottura catastrofica anche a pressioni molto più basse di quelle di progetto, rendendo tutte le sicurezze inutili. Il calore esterno porta infatti ad una espansione ed ebollizione del liquido con conseguente esplosione del vapore; il fenomeno viene chiamato BLEVE (Boiling Liquid Expanded Vapour Explosion) e può essere estremamente distruttivo. Il BLEVE può essere evitato dotando il recipiente di un sistema di raffreddamento tramite pioggia d'acqua, capace di tenere la superficie del recipiente fresca in caso di incendio. E' importante proteggere tutta la superficie del recipiente, perché un'area rimasta asciutta può sviluppare un punto caldo e portare alla rottura.

### Raffreddamento eccessivo

In alcune installazioni criogeniche possono nascere raffreddamenti inaspettati di parti del sistema. Per esempio l'azoto per ampole è frequentemente generato da liquidi in vaporizzazione. Se il vaporizzatore manca o diventa pieno il liquido freddo può passare nell'ampolla, la quale, se fabbricata con acciaio morbido si può rompere causando un incidente se c'è pressione nel sistema. Ugualmente, poiché le ampole di immagazzinamento criogeniche spesso hanno l'esterno in acciaio morbido, se gli scarichi dall'apertura di sicurezza urtano sull'esterno del recipiente, c'è la possibilità che essi si rompano.

## **La manutenzione**

La manutenzione delle apparecchiature per liquidi criogenici deve essere affidata esclusivamente a personale addestrato.

## **L'impiego dei liquidi criogenici**

### I contenitori

Devono essere usati soltanto contenitori studiati appositamente per contenere gas liquefatti evitando di riempirli troppo velocemente quando la loro temperatura sia troppo elevata. Occorre comunque che tutti i contenitori siano di tipo aperto oppure che siano protetti da uno sfiato od altro dispositivo di sicurezza che permetta lo scarico di gas. Quando si usa uno speciale tappo distributore a pressione con sfiatatoio, oppure un tubo di sfiato, come nel caso di piccoli contenitori portatili, controllare lo sfiato ad intervalli regolari per accertarsi che non sia ostruito dall'umidità atmosferica ghiacciata. I

grandi recipienti di deposito non aperti devono essere muniti di dispositivi di limitazione della pressione. Utilizzare solo i tappi forniti con i contenitori. Non tappare mai contenitori di piccole dimensioni, bensì coprirli quando non sono in uso per proteggere lo sfiato dall'umidità.

Riempire i contenitori soltanto con i liquidi che essi sono destinati a contenere.

#### Identificazione del prodotto

Prima di provvedere al rabbocco di un recipiente è necessario accertarsi della natura del liquido contenuto, in caso dubbio è bene astenersi dall'operazione. Mescolando due liquidi criogenici diversi causeremmo l'evaporazione del liquido a più basso punto di ebollizione.

#### Il travaso

Prima di procedere ad un travaso è necessario accertarsi che il contenitore, supposto vuoto, non contenga invece acqua o altri liquidi criogenici. Si deve usare un imbuto ogniqualvolta si versi gas liquefatto in un vaso di Dewar o altro contenitore di piccole dimensioni. Quando risulta pericoloso o scomodo inclinare il contenitore, usare un tubo di travaso per estrarre il liquido. Immergere a fondo il tubo di travaso nel liquido, fino a che il materiale di guarnizione, o il tappo sul tubo di travaso formi una tenuta con il collo del contenitore. L'evaporazione normale produce di solito una pressione adeguata per l'estrazione del liquido. Se si vuole ottenere una estrazione continua, il contenitore può essere pressurizzato con il gas corrispondente al prodotto liquido, oppure con un altro gas inerte esente da olio. Non usare una pressione più elevata di quanto sia appena sufficiente per l'estrazione del liquido.

#### Serbatoi di deposito

L'accesso ai serbatoi di deposito dei liquidi deve essere permesso soltanto al personale autorizzato. E' buona norma che tutte le operazioni ai serbatoi siano condotte da almeno due operatori. Anche se il fornitore è proprietario dei serbatoi, è essenziale che l'utilizzatore abbia una conoscenza perfetta di ogni aspetto dell'impiego di questo impianto, ed in particolare dell'esatta sistemazione delle valvole e degli interruttori da usare qualora occorresse chiudere completamente i serbatoi in caso di emergenza.

#### Utilizzo di valvole idrauliche

In sistemi di ossigeno, o dove c'è pericolo di formazione di ossigeno dovuto alla condensazione di aria atmosferica, è generalmente preferibile l'impiego di valvole pneumatiche in quanto l'attuazione idraulica ha perdite di olio che possono causare rischi di incendio.

### **4.5 Procedure di emergenza**

La possibilità di rilascio nell'ambiente di lavoro di liquidi criogenici richiede la stesura di appropriate procedure di emergenza. Per prevenire situazioni di emergenza o permettere di risolvere velocemente i problemi risulta fondamentale saper riconoscere i segnali che precedono un cedimento nel sistema di contenimento. Questi possono essere:

- pressioni elevate indicate sul manometro di controllo;
- inattesa formazione di brina sul sistema di contenimento;

- scarso o anormale sfiato nel sistema di contenimento;
- allarmi indicanti bassi livelli di ossigeno nell'area di lavoro;
- rumore inusuale o assenza del normale rumore di sfiato.

I segnali tipici del rilascio di un grosso quantitativo di liquido criogenico sono un aumento del rumore di fondo e la formazione di un pennacchio di nebbia bianca. In questo caso, anche se il pericolo di sottossigenazione soprattutto in locali scarsamente ventilati non è mai da trascurare, in genere l'evento dannoso più probabile è il contatto con gas o liquido a bassissima temperatura con le conseguenze in precedenza menzionate.

Nel caso che il rilascio non sia di grossa entità, per esempio da un dewar di piccole dimensioni, può essere sufficiente trasportare il contenitore all'esterno e lasciare che i vapori si liberino in atmosfera. Nel caso che ciò non sia possibile è bene aumentare la ventilazione ed evacuare l'area.

## 5. Le apparecchiature

L'uso appropriato e corretto delle apparecchiature presenti nel laboratorio è necessario per poter lavorare in sicurezza con agenti chimici pericolosi. Un uso appropriato comprende anche una manutenzione costante delle attrezzature effettuata da personale competente e registrata nel registro di manutenzione e controllo che ogni apparecchio deve avere.

In questo capitolo verranno illustrati i pericoli e quindi le precauzioni da adottare nell'uso delle apparecchiature di laboratorio più comuni. Si consiglia comunque di prendere sempre visione dei manuali e delle schede tecniche consegnate dal fornitore all'atto dell'acquisto.

Poiché molte delle apparecchiature da laboratorio sono alimentate elettricamente verranno prima illustrate alcune precauzioni per controllare il rischio elettrico nei laboratori partendo dal presupposto che l'impianto elettrico sia stato progettato e installato conformemente alle normative vigenti:

1. Ispezionare i cavi di alimentazione delle apparecchiature prima di ogni utilizzo.
2. Conoscere la collocazione dell'interruttore generale di sgancio della corrente elettrica in laboratorio.
3. Non utilizzare prolunghe se non per operazioni temporanee e di breve durata.
4. Non utilizzare adattatori o prese a ricettività multipla.
5. Installare le apparecchiature elettriche in luoghi in cui sia poco probabile il versamento di solventi o acqua.
6. Nel caso di parti elettriche esposte di apparecchiature operanti a più di 50 volt queste devono essere protette con schermi per evitare i contatti accidentali.
7. Utilizzare strumentazioni elettriche a norma

### 5.1 Apparecchiature operanti a pressione diversa da quella atmosferica

Lavorare con agenti chimici pericolosi a pressione elevata o a pressione ridotta richiede speciali precauzioni ed accorgimenti per proteggersi sia dalle esplosioni che dalle implosioni. Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle attrezzature e nell'uso di schermi di protezione, così come nella scelta e nel controllo delle parti in vetro.

#### Recipienti ad alta pressione

- E' necessario condurre operazioni ad alta pressione solo in recipienti appositamente scelti, adeguatamente certificati ed installati e dotati di dispositivi di sicurezza per la sovrappressione e di controllo della pressione.
- Prima di ogni messa in opera è opportuno eseguire una ispezione visiva.

- Un controllo periodico sull'integrità del recipiente e sull'efficienza dei dispositivi di sicurezza dovrà essere eseguito secondo la periodicità consigliata nel manuale d'uso dell'apparecchio stesso.

#### **Linee da vuoto**

- Le linee da vuoto devono essere sempre protette da schermi e poste sotto cappa chimica.
- Nel montare una linea da vuoto è importante fare attenzione a non inserire delle tensioni tra le diverse parti che la compongono.
- Aprire e chiudere i rubinetti lentamente e con cautela.
- Utilizzando una linea da vuoto indossare sempre occhiali a maschera o schermo facciale.

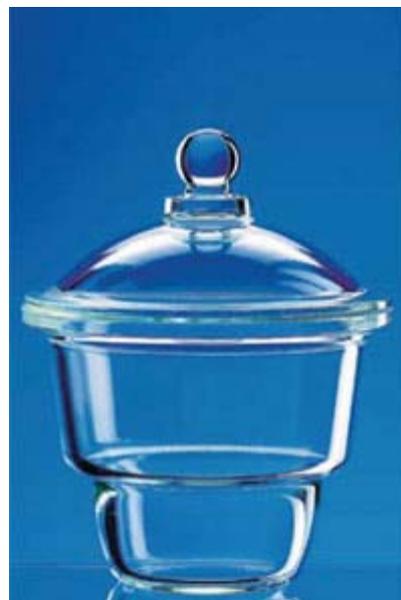
#### **Trappole da vuoto**

E' necessario posizionare sempre una trappola tra l'apparato sperimentale e la sorgente del vuoto. Tale trappola ha lo scopo di proteggere la pompa da vuoto, la linea da vuoto e di evitare il rilascio di sostanze tossiche. La scelta del tipo di trappola e del sistema di filtrazione è legata alla tipologia delle sostanze in uso, se per esempio vengono manipolati solventi organici volatili occorrerà molto probabilmente utilizzare una trappola raffreddata in modo tale da garantire la condensazione dei solventi. Spesso è sufficiente raffreddare la trappola con un bagno di ghiaccio secco e etanolo (-78°C). In altri casi è possibile utilizzare l'azoto liquido ricordandosi però che se il sistema è aperto e il bagno raffreddante ancora in contatto con la trappola si può avere condensazione di ossigeno atmosferico che può poi reagire violentemente con le sostanze organiche presenti.

#### **Contenitori in vetro**

Sebbene i contenitori in vetro siano frequentemente usati negli apparati in pressione o in depressione essi possono esplodere violentemente anche in seguito ad un infragilimento del contenitore, si raccomanda pertanto di:

- Condurre tutte le operazioni dietro uno schermo di protezione
- Controllare prima dell'uso che i palloni non siano stellati o sbeccati
- Non riempire per più di  $\frac{3}{4}$  i tubi di vetro
- Sigillare con attenzione i tubi in vetro per centrifuga
- Spostare ed aprire con cautela un essiccatore in vetro
- Non fare il vuoto in palloni con una capienza superiore ad 1 L.



#### **Serbatoi mobili di liquidi criogenici**

Per quanto riguarda i serbatoi mobili di liquidi criogenici attenzione deve essere rivolta ai rilasci involontari ed alle emissioni sistematiche di vapori freddi dagli apparecchi di utilizzazione, che provocano l'accumulo progressivo di gas nell'ambiente diluendo il tenore di ossigeno dell'aria.

Sono da tenere presenti alcune caratteristiche del fluido in varie situazioni, che possono favorire la formazione di un'atmosfera sott'ossigenata:

- i vapori freddi di azoto liquido sono più pesanti dell'aria, quindi tendono ad accumularsi nelle parti basse;
- nei recipienti non in pressione (a cielo aperto) il liquido è in continua evaporazione;
- durante i travasi di azoto liquido in recipienti a cielo aperto si hanno forti emissioni di vapori;
- i vapori freddi di azoto liquido possono manifestarsi con una nube bianca: tale nube è dovuta alla condensazione dell'umidità atmosferica che scompare appena i vapori (invisibili) si riscaldano;
- il rischio della sott'ossigenazione è dipendente dalle caratteristiche del locale dove si maneggia l'azoto liquido: cubatura, aerazione o ventilazione; sono inoltre da considerare il tipo e il numero degli apparecchi presenti, con particolare riguardo a quelli che presentano un'emissione di vapori in continuo o sistematiche;

In caso di ventilazione del locale non adeguata (certamente nel caso di locali seminterrati o che non abbiano il giusto rapporto di superficie ventilante e superficie calpestabile) è necessario predisporre un sistema per l'estrazione dell'aria in emergenza che entri in funzione quando il tenore di ossigeno all'interno del locale è inferiore al 19% in volume tramite l'installazione di uno o più sensori di ossigeno e relativa centralina di rilevamento. I sensori e la centralina devono poi essere periodicamente verificati e mantenuti.

- E' necessario proteggere gli occhi e la pelle nel maneggiare il contenitore durante il prelievo di liquido o in qualunque situazione sia possibile il contatto con il liquido, i tubi freddi o il gas freddo. Per la protezione degli occhi utilizzare occhiali di protezione o una visiera, per la protezione della pelle si raccomanda l'uso di abiti a manica lunga e guanti che possano essere prontamente rimossi.
- Nella movimentazione utilizzare le apposite maniglie o i carrelli a mano, non tentare di sollevare il recipiente da soli ma eventualmente farsi aiutare da un collega.
- Assicurarsi che l'ambiente in cui si utilizzano i gas sia ben ventilato oppure si deve scegliere di immagazzinare i contenitori all'esterno.

### **Evaporatori rotanti (rotavapor)**

- I componenti in vetro di un rotavapor devono essere in vetro Pyrex.
- Tutte le parti in vetro devono essere adeguatamente schermate o ricoperte.
- La velocità di rotazione deve essere aumentata gradualmente.
- L'applicazione del vuoto o la sua rimozione devono essere gradualmente.



## 5. 2 Frigoriferi e congelatori

I frigoriferi e i congelatori sono utilizzati in laboratorio per conservare reagenti, prodotti chimici di sintesi, campioni biologici. I pericoli potenziali nell'uso di frigoriferi e congelatori derivano dallo sviluppo di vapori al loro interno, dalla possibile presenza di composti chimici incompatibili e dai versamenti accidentali. Solo frigoriferi e congelatori espressamente dedicati a contenere prodotti chimici possono essere utilizzati nei laboratori e fra questi solo quelli certificati per contenere liquidi infiammabili possono essere utilizzati a tale scopo altrimenti occorre evitarlo. Nei laboratori sono poi da evitare i frigoriferi defrost che al loro interno hanno un tubo o un foro per trasportare via l'acqua in genere vicino all'area di compressione in cui si possono generare delle scintille. Per evitare i pericoli sopra menzionati occorre osservare corrette procedure di installazione, utilizzo e manutenzione.

I contenitori devono essere adatti a sopportare le basse temperature richieste per la conservazione del materiale ed è necessario seguire alcune precauzioni:

1. Posizionare i frigoriferi ed i congelatori possibilmente lontano da fonti di calore e staccati dalla parete.
2. Nei frigoriferi e congelatori per prodotti chimici non possono essere riposti generi alimentari (cibo e bevande)
3. I prodotti infiammabili possono essere stoccati solo nei frigoriferi certificati per questo uso, sui frigoriferi deve chiaramente essere indicato se esso può contenere o meno prodotti infiammabili.
4. Non aprirli di frequente e inutilmente.
5. Tutti i contenitori conservati nei frigoriferi devono essere chiaramente etichettati, il materiale privo di etichetta dovrebbe essere eliminato. Occorre avere l'accorgimento di utilizzare solo pennarelli resistenti all'acqua per evitare che quanto indicato sulle etichette sia cancellato.
6. Sarebbe opportuno porre all'esterno del frigorifero o del congelatore un elenco delle sostanze contenute.
7. Tutti i contenitori devono essere ben chiusi.
8. Utilizzare vaschette come contenimento secondario e per mantenere un maggior ordine nel frigorifero.
9. Evitare di riempire eccessivamente i contenitori destinati al congelamento.
10. E' buona norma pulire e scongelare periodicamente i frigoriferi e i congelatori e verificare il buono stato del contenuto ed eliminare i contenitori rotti.
11. Durante la pulizia si devono indossare guanti di gomma pesante ed utilizzare pinze per asportare frammenti di vetro o plastica.
12. In aggiunta ai guanti per la protezione chimica, indossare i [guanti di protezione](#) da basse temperature per estrarre e manipolare i campioni conservati a  $-80^{\circ}\text{C}$  e in azoto liquido per evitare ustioni da freddo.

### 5.3 Dispositivi per il mescolamento e l'agitazione

Quando si utilizzano gli agitatori per agitare e mescolare un campione, prima di avviare l'apparecchio occorre verificare che:

1. la velocità di rotazione, od in generale di movimento, sia adatta a non provocare schizzi o rotture dei contenitori;
2. il contenitore del campione sia integro e sia possibile chiuderlo in modo ermetico e stabile per evitare schizzi;
3. in caso sia necessario trattenere con le mani il contenitore o il coperchio assicurarsi di poter garantire una buona presa (contenitore e guanti ben asciutti e non unti);
4. dopo agitazione aprire i contenitori sotto cappa attendendo qualche minuto prima di sollevare il coperchio per permettere agli aerosol di depositarsi.



Indossare [DPI](#) durante le operazioni: guanti, protezione per il viso, camice.

### 5.4 Omogenizzatori, sonicatori

L'utilizzo di questi apparecchi può dar luogo a formazioni di schizzi ed aerosol causati da una pressione prodotta all'interno dei contenitori. Per contenere questi rischi occorre:

1. utilizzare apparecchi progettati per l'uso in laboratorio;
2. se possibile usarli sotto cappa chimica;
3. riempire ed aprire il contenitore sotto cappa chimica e attendere circa 10' prima di aprire il contenitore per permettere agli aerosol di depositarsi;
4. verificare prima dell'uso le condizioni dei contenitori (bicchieri, sacchetti) e delle chiusure (tappi e coperchi), evitare l'uso di contenitori di vetro, e comunque accertarsi che non siano incrinati;
5. evitare di riempire i contenitori oltre misura;
6. indossare i guanti, utilizzare una protezione per il viso e il camice:

Nel caso di sonicatori l'utilizzatore dovrà indossare, in aggiunta, dispositivi individuali per protezione dell'udito (tappi, cuffie).

### 5.5 Dispositivi per il riscaldamento

Normalmente nei laboratori sono presenti diversi tipi di dispositivi per il riscaldamento: stufe, piastre riscaldanti, mantelli riscaldanti, bagni di sale, sabbia, olio, forni, muffole, microonde. Per il loro utilizzo occorre rispettare alcune precauzioni generali fra cui:

- Tutte le apparecchiature per il riscaldamento devono essere opportunamente isolate e collocate in modo tale da prevenire contatti accidentali con parti calde o elettriche esposte.

- Le superfici calde devono essere indicate mediante la segnaletica opportuna.
- Controllare periodicamente l'integrità della parte elettrica.
- Usare, quando possibile, riscaldatori elettrici piuttosto che fiamme libere. Qualora vengano usate fiamme libere, queste devono essere dotate di dispositivi di sicurezza.

## Stufe

Normalmente le stufe sono utilizzate in laboratorio per rimuovere l'acqua o altri solventi dai campioni o per asciugare la vetreria.



1. Non possono mai essere usate per la cottura di cibi.
2. Le stufe di laboratorio dovrebbero essere costruite in modo tale da avere l'apparato riscaldante e il controllo della temperatura separati dalla atmosfera interna.
3. Raramente sono dotate di un dispositivo per allontanare i vapori mediante ventilazione forzata. Tale accorgimento invece potrebbe essere utile per ridurre la probabilità di contaminazione ambientale o di atmosfere esplosive.
4. Le stufe non possono essere utilizzate per allontanare sostanze tossiche da campioni di laboratorio a meno che non sia previsto un sistema di ventilazione forzata e di allontanamento degli esausti.
5. Per evitare esplosioni è bene che la vetreria risciacquata con solventi organici sia passata di nuovo con acqua prima di essere messa in stufa.
6. Il controllo della temperatura non dovrebbe avvenire mediante termometro a mercurio che rompendosi nella stufa potrebbe dare origine ad una grave contaminazione.

## Piastre riscaldanti

Le piastre riscaldanti di largo utilizzo nei laboratori sono in genere usate con bagni in cui immergere i contenitori. Gli apparecchi più moderni sono in genere costruiti in modo da ridurre la probabilità di scintille, non così quelli più vecchi soprattutto nell'interruttore on/off, nel termometro e nel reostato per la regolazione della velocità di rotazione. Si consiglia quindi di:

1. Limitare l'uso degli apparecchi più vecchi ai casi in cui non sono coinvolte sostanze infiammabili.
2. Non riporre mai una piastra calda vicino a sostanze infiammabili.
3. Porre la piastra non direttamente sul piano di lavoro ma su un elevatore a vite in modo che, in caso di necessità, si possa velocemente sfilare e togliere la fonte riscaldante.
4. Attendere il raffreddamento della piastra prima di riporla in armadio.

## Mantelli riscaldanti

I mantelli riscaldanti sono normalmente usati nelle operazioni di distillazione o per riscaldare reazioni condotte in palloni.

1. Prima di utilizzare un mantello riscaldante controllare che la parte in tessuto di fibre di vetro sia integra.
2. Verificare che la parte elettrica sia isolata.
3. Non riporre un mantello riscaldante vicino a sostanze infiammabili.
4. Porre il mantello riscaldante non direttamente sul piano di lavoro ma su un elevatore a vite in modo che , in caso di necessità, si possa velocemente sfilare e togliere la fonte riscaldante.
5. Attendere il raffreddamento del mantello prima di riporlo in armadio.

### **Pistole riscaldanti**

Questi apparecchi hanno sostituito recentemente i phon domestici che venivano usati nei laboratori per asciugare la vetreria o aiutare lo sviluppo delle lastre per cromatografia su strato sottile. L'interruttore e il motore della ventola non è però privo di scintille e quindi queste pistole devono essere usate con cautela.

### **Bagni termostatati ad acqua**

Questi bagni termostatati sono apparecchi costituiti da vasche che possono contenere anche notevoli quantità di acqua che viene riscaldata da resistenze elettriche immerse.

1. Per rendere omogenea la temperatura nella vasca è installato un sistema di ricircolo o agitazione dell'acqua, oppure può essere necessario un movimento controllato del materiale riscaldato; in ogni caso occorre verificare che non vengano prodotti schizzi o fuoriuscite accidentali di liquido.
2. Sono da preferirsi bagni termostatati con coperchio inclinato che impedisce la caduta delle gocce di vapore condensato sui campioni in esame.
3. Dopo l'apertura del bagno termostatato non appoggiare mai il coperchio in vicinanza di cavi, prese, apparecchi elettrici sotto tensione.
4. Installare il bagno termostatato lontano da qualsiasi derivazione elettrica sotto tensione (prese, cavi, apparecchi).
5. Riempire il bagno termostatato con acqua distillata meglio se con l'aggiunta di un antimuffa o antimicrobico.
6. Sostituire l'acqua almeno 1 volta alla settimana e ogni volta che appare sporca o contaminata.
7. Evitare di immergere nell'acqua le mani nude.
8. Verificare sempre, prima di procedere al riscaldamento, la termoresistenza dei contenitori che si intendono impiegare così come le caratteristiche chimico fisiche delle sostanze impiegate (punto di ebollizione, d'infiammabilità ecc.).

### **Bagni termostatici ad olio, sale, sabbia**

I bagni ad olio riscaldati elettricamente sono utilizzati spesso per riscaldare contenitori dalla forma irregolare o se si desidera una fonte di calore costante. I bagni a sale come quelli ad olio hanno il vantaggio di permettere un buono scambio di calore, di coprire un range di temperature piuttosto

ampio (200-425 °C) e di avere un'alta stabilità termica (540 °C). Diverse precauzioni devono però essere seguite utilizzando questi dispositivi di riscaldamento:

1. Prestare attenzione affinché il bagno ad olio non generi fumi.
2. Controllare la temperatura affinché non si superi mai il flash-point dell'olio stesso.
3. Porre il bagno ad olio su una superficie stabile ed orizzontale.
4. Utilizzare degli elevatori che se abbassati permettano al bagno ad olio di essere velocemente allontanato in caso di sovrariscaldamento.
5. Utilizzare guanti con resistenza al calore per manipolare bagni riscaldanti caldi.
6. I bagni di sale devono essere sempre mantenuti secchi poiché sono altamente igroscopici, il sale se non correttamente essiccato può dar luogo a schizzi o bolle.

### **Becchi bunsen**

Il becco Bunsen è un becco a gas che mediante una fiamma riscalda rapidamente recipienti e materiali sino a temperature di 700 - 800°C.

1. Sono da usare esclusivamente i Bunsen dotati di termocoppia che fermano l'erogazione del gas in assenza della fiamma.
2. Il becco Bunsen deve essere tenuto pulito, la pulizia sarà effettuata a secco.
3. I tubi per il gas saranno a norma UNI-CIG, di diametro adeguato, fissati saldamente con fascette; periodicamente saranno sostituiti.
4. Se si usano i becchi Bunsen per sterilizzare anse o altri oggetti da microbiologia si possono formare aerosol potenzialmente infetti; il fenomeno deve essere maggiormente considerato quando si sospetta la possibile presenza di agenti patogeni trasmissibili per via aerea. Tali operazioni dovrebbero essere effettuate sotto cappa bio hazard.

### **Forni a microonde**

L'utilizzo delle microonde per condurre reazioni chimiche è sempre più diffuso. Per tale scopo esistono degli strumenti progettati per l'uso in laboratorio chimico, è invece assolutamente da evitare l'utilizzo di forni a microonde domestici adattati al laboratorio.

I possibili pericoli che devono essere considerati utilizzando un forno a microonde in laboratorio sono:

- le microonde possono fuoriuscire da portelli con le chiusure o le guarnizioni danneggiate o per difetti dell'interblocco;
- la temperatura dei solventi può aumentare fino al punto di ebollizione accrescendo, se tali solventi sono infiammabili, la probabilità di incendio o esplosione;
- poiché i vapori di liquidi infiammabili vengono generati in una cavità chiusa la loro concentrazione può superare il limite inferiore di infiammabilità;
- l'apparato elettrico può fungere da sorgente d'innescio;
- all'interno della cavità si possono generare dei vapori tossici che possono investire l'utilizzatore all'apertura dello sportello;

- le microonde possono produrre, per reazione o per riscaldamento, prodotti più tossici di quelli di partenza;
- le microonde portano più frequentemente al surriscaldamento dei liquidi rispetto alle tecniche tradizionali;

Un forno a microonde che è stato progettato per il laboratorio ha diversi dispositivi di controllo e di protezione che mancano nei forni domestici:

- ventilazione;
- sensori per i solventi che automaticamente spengono il microonde prima che sia stato superato il limite inferiore di infiammabilità;
- interblocco che spegne lo strumento in caso di malfunzionamento della ventilazione;
- un sistema di controllo della temperatura delle soluzioni;
- minimizzazione delle variazioni di temperatura all'interno della cavità;
- un controllo più preciso della temperatura;
- i componenti elettrici sono isolati dalla cavità in modo da non diventare sorgenti di innesco e per essere protetti dalla corrosione;
- la cavità è ricoperta da un materiale non conduttore come il teflon;
- lo sportello della stufa può resistere ad una esplosione pari ad 1 g di TNT equivalente.

In conclusione i forni domestici adattati al laboratorio non hanno sistemi di controllo, di sicurezza e di protezione da rendere il loro uso con solventi infiammabili accettabile.

Nell'uso di forni a microonde occorre poi ricordarsi:

1. Non utilizzare i forni sia per reazioni chimiche che per scaldare cibi o bevande.
2. Non utilizzare mai forni con lo sportello aperto.
3. Non porre nei forni contenitori in metallo.
4. Non utilizzare contenitori chiusi ermeticamente.
5. Utilizzare guanti per proteggere le mani dal calore.

## 5.6 Ultrasonicatori

Gli ultrasuoni sono onde sonore con una frequenza tra i 16 e i 100 KHz, il pericolo dell'esposizione per l'uomo dipende dal tipo di trasmissione e di contatto. Se il contatto dell'uomo con gli ultrasuoni avviene per trasmissione in aria non vi sono grandi effetti sulla salute se non in dipendenza dal tempo di esposizione (affaticamento e mal di testa) che normalmente non è mai molto elevato. In questo caso è sufficiente chiudere il sonicatore in una scatola con pareti fonoassorbenti.

Il contatto diretto del corpo con liquidi e solidi soggetti ad ultrasuoni ad alta intensità può essere invece più pericoloso. Gli ultrasuoni creano delle cavità nei liquidi e distruggono le membrane cellulari.

Il contatto con un solido vibrante sotto l'effetto degli ultrasuoni può causare gravi ustioni.

## 5.7 Centrifughe

1. Le centrifughe devono essere installate correttamente ed usate solo da personale opportunamente addestrato.
2. Utilizzare centrifughe che abbiano un dispositivo di sicurezza atto ad impedire l'apertura del coperchio durante il funzionamento e utilizzare solo rotori omologati dalla ditta costruttrice.
3. Assicurarsi che i dispositivi di sicurezza siano integri e funzionanti.
4. Collocare le provette nel rotore della centrifuga bilanciandone sempre il peso.
5. Non riempire eccessivamente le provette.
6. Chiudere attentamente i tappi delle provette e aprirli con uguale cautela.

## 5.8 Autoclavi

Le autoclavi vengono in genere utilizzate per sterilizzare piccole attrezzature da laboratorio o i rifiuti prodotti, essa funziona infatti uccidendo i microrganismi mediante vapore surriscaldato. Le autoclavi con capacità superiore ai 24 litri devono essere soggette, in base alla normativa vigente, a collaudo al momento dell'installazione, ogni qualvolta vengano spostate da un laboratorio all'altro e dopo ogni intervento di manutenzione. Inoltre devono essere sottoposte annualmente a manutenzione ordinaria. E` opportuno che le autoclavi siano utilizzate solo da personale esperto e in possesso di adeguata formazione.

Utilizzando un'autoclave occorre:

1. Non riempire eccessivamente una autoclave
2. Materiali taglienti o appuntiti non possono essere autoclavati nelle normali sacche da autoclave ma in contenitori rigidi appositi.
3. Maneggiare con cautela le sacche per autoclave prendendole sempre dall'alto.
4. Controllare periodicamente la capacità sterilizzante dell'autoclave usando appropriati indicatori biologici.
5. Non autoclavare insieme oggetti puliti e contaminati. In genere gli oggetti puliti richiedono un tempo di decontaminazione più breve (15-20 minuti) mentre i rifiuti infetti richiedono tempi più lunghi (45-60 minuti).
6. Utilizzare sempre i DPI fra cui guanti resistenti al calore, occhiali di sicurezza, camice da laboratorio.
7. Aprire con cautela il coperchio dell'autoclave e aspettare che tutto il vapore sia uscito prima di rimuoverne il contenuto.
8. Poiché l'agar si liquefa in autoclave porre le piastre dentro vassoi con contenimento.
9. Se si verifica un versamento all'interno dell'autoclave aspettare che tutto il sistema si sia raffreddato prima di pulire. Se vi sono dei frammenti di vetro rimuoverli attentamente con le pinze.
10. Non abbandonare senza alcuna sorveglianza una autoclave, occorre che vi sia sempre qualcuno nelle vicinanze in modo da poter intervenire in caso di problemi.

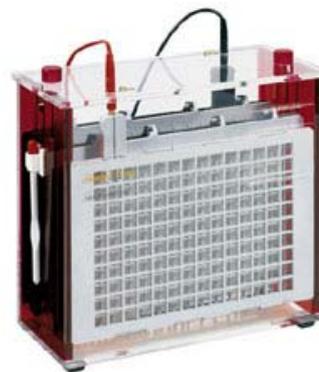


11. Le autoclavi devono essere correttamente mantenute ed ispezionate.

## 5.9 Dispositivi per elettroforesi

Il pericolo utilizzando apparecchiature per elettroforesi è l'elettrocuzione a causa di contatti accidentali con parti in tensione. Il pericolo esiste sia operando ad alto voltaggio come durante la sequenziazione del DNA o a basso voltaggio come nell'elettroforesi con gel di agarosio (100 volts a 25 mA). Un corretto operare durante le operazioni di elettroforesi prevede:

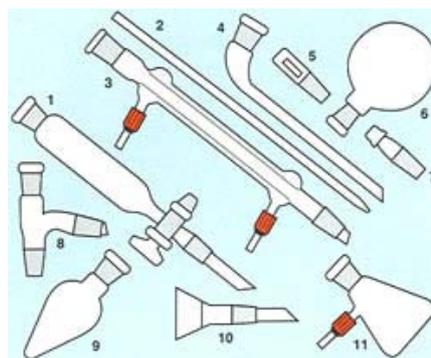
1. Spegner l'alimentazione durante la fase di connessione degli elettrodi.
2. Connettere un elettrodo alla volta utilizzando solo una mano.
3. Assicurarsi che le mani siano asciutte durante la fase di connessione degli elettrodi.
4. L'apparato per elettroforesi deve essere posizionato lontano dai lavandini o da altre sorgenti di acqua.
5. Sorvegliare l'apparato durante il processo di elettroforesi.
6. Se l'elettroforesi deve essere condotta su gel di acrilammide (cancerogena) si consiglia l'uso di gel già preparati o soluzioni già pronte in modo da evitare l'operazione di pesata della polvere.
7. Utilizzando etidio bromuro è utile avere una lampada portatile ad UV in modo da controllare la contaminazione nella zona di lavoro.
8. Preparare tutte le soluzioni sotto cappa chimica.
9. Per contenere eventuali versamenti effettuare le operazioni di travaso su appositi vassoi.
10. La decontaminazione delle superfici può essere fatta con etanolo.
11. Disporre tutti i materiali contaminati nei rifiuti pericolosi.



## 5.10 Vetreria

L'utilizzo di oggetti in vetro e di apparecchiature con parti in vetro per gli operatori può comportare tagli accidentali o ad altre serie conseguenze per le quali è necessario adottare le seguenti misure:

1. Utilizzare se possibile materiale in plastica monouso.
2. Evitare di utilizzare vetreria rotta o sbeccata.
3. Manipolare con maggiore cautela la vetreria utilizzata più volte (vecchia); il vetro sottoposto ad agenti fisici quali: calore, UV, microonde, urti, ecc. perde di resistenza.
4. Tutta la vetreria trovata fuori dalle aree di conservazione della vetreria pulita o non confezionata, come previsto, va considerata usata e deve essere lavata prima del riutilizzo.



5. Se la vetreria da riutilizzare è stata utilizzata con materiale infetto o potenzialmente infetto occorre prima sterilizzarla, lavarla, e se occorre, risterilizzarla.
6. In caso di rottura di provette, beute ecc. di vetro:
  - rimuovere il materiale utilizzando pinze, scopino e paletta; non usare le mani anche se protette da guanti;
  - i frammenti di vetro andranno smaltiti nel contenitore rigido per taglienti.

Durante queste operazioni indossare sempre i guanti.

### **5.11 Strumenti automatici di analisi**

Gli strumenti automatici di analisi presentano diversi fattori di rischio, possono per esempio avere delle parti meccaniche in movimento che devono essere protette in modo da non provocare danni agli operatori o ai materiali posti nelle vicinanze.

1. Le aree eventualmente interessate dal movimento automatico devono essere chiaramente segnalate.
2. Le parti in tensione delle apparecchiature dovrebbero essere protette da schermi che non vanno mai rimossi, se non è previsto dal costruttore, ed anche in questo caso solo dopo aver sconnesso l'alimentazione elettrica.
3. Particolare attenzione si deve porre nel caso in cui gli apparecchi siano dotati di pipette automatiche per il prelievo e la dispensazione dei campioni o di sistemi centrifughi per la miscelazione dei campioni con i reattivi; in entrambi i casi si può generare una dispersione fine di materiale nell'atmosfera circostante che può depositarsi sulle superfici dell'apparecchio.
4. Può essere utile posizionare uno schermo di protezione.
5. Occorre quindi controllare e decontaminare le superfici dell'apparecchio, i portacampioni e l'area di lavoro circostante: indossare per questa operazione i guanti e cambiare con frequenza i mezzi utilizzati per la pulizia (garze e altro).
6. Nel caso in cui i puntali delle pipette non siano monouso, agire per la pulizia e/o sostituzione con estrema cautela per evitare ferite accidentali.
7. Alla fine delle sessioni di lavoro eseguire i cicli di pulizia indicati dal costruttore.
8. I liquidi di scarico, raccolti in appositi contenitori direttamente collegati all'apparecchio, ed i rifiuti solidi, sono da considerarsi materiali potenzialmente pericolosi e devono essere eliminati secondo le procedure stabilite.
9. Gli apparecchi che durante il loro funzionamento possono dar luogo a fumi o aerosol potenzialmente pericolosi (gascromatografi, analizzatori a fiamma, spettrofotometro ad assorbimento atomico) devono avere un sistema di aspirazione dedicato.
10. Gli apparecchi e gli accessori smontati devono essere decontaminati prima di procedere a qualsiasi intervento di manutenzione e/o riparazione, specialmente se tali interventi saranno eseguiti da personale esterno del laboratorio. Se le caratteristiche costruttive lo permettono le parti smontate potranno essere sterilizzate.

11. Nel caso non sia stato possibile eseguire le operazioni di decontaminazione segnalare in modo visibile il pericolo biologico.

## 6. Dispositivi di Protezione Collettiva: le cappe chimiche

Le cappe d'aspirazione da laboratorio sono considerate lo strumento principale per la protezione sia dai rischi di incendio e d'esplosione causati da reazioni chimiche incontrollate, sia dal rischio legato alla tossicità delle sostanze chimiche utilizzate. Esse costituiscono quindi il sistema più importante di protezione collettiva nei laboratori, l'installazione di questi dispositivi permette di isolare l'emissione di inquinanti e di intervenire alla fonte del rischio. La cappa rappresenta normalmente la zona di maggiore pericolo in un laboratorio e quindi deve rispondere ai requisiti di sicurezza definiti nelle normative tecniche (**Norma UNI EN 14175**), deve essere periodicamente controllata e mantenuta efficiente.

Le cappe chimiche possono essere ad espulsione d'aria o a ricircolo d'aria.

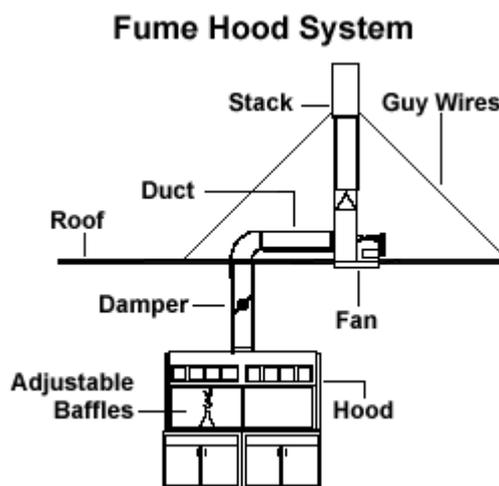
### 6.1 Cappe chimiche ad espulsione d'aria

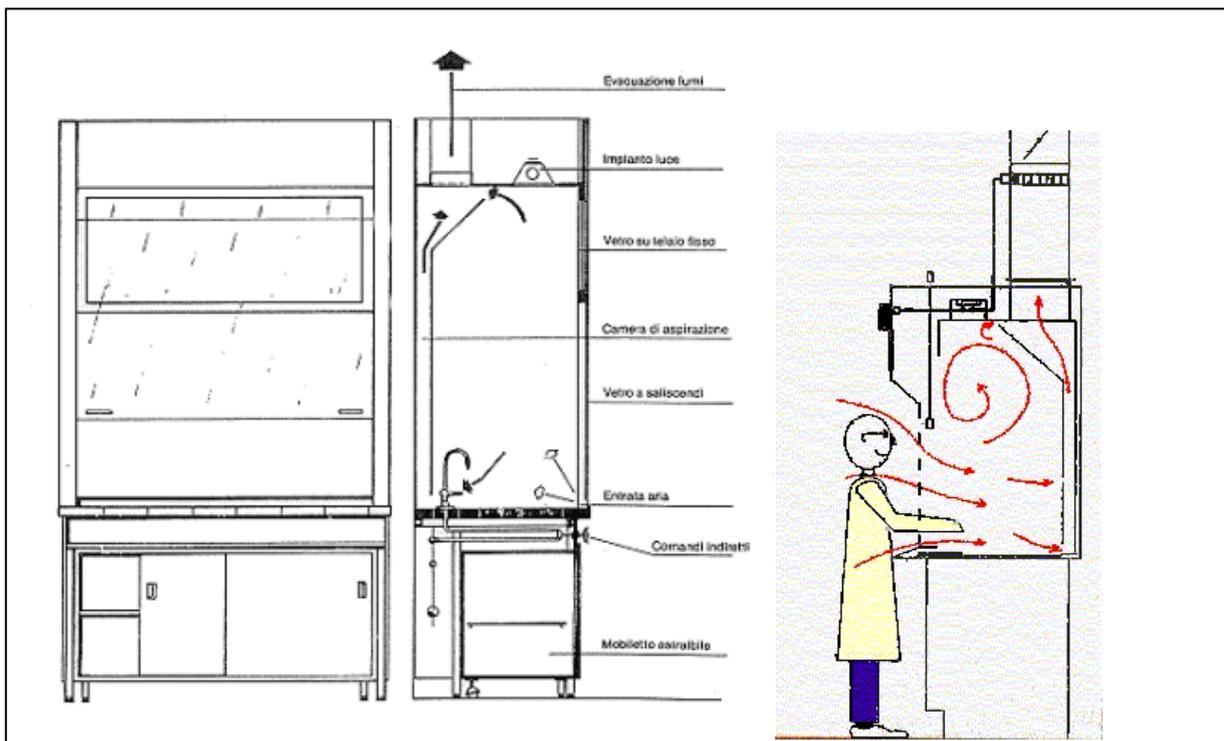
Le cappe ad espulsione d'aria si compongono essenzialmente di una cabina, un condotto di aspirazione e un elettroventilatore, gli inquinanti aspirati sono convogliati all'esterno con o senza depurazione (filtraggio).

Gli elettroventilatori devono essere costruiti in modo da avere un'elevata resistenza chimica e meccanica rispetto ad un ampio spettro di composti (acidi, basi, solventi organici, ecc.) e devono essere in grado di sopportare alte temperature. Per i motori si consiglia un isolamento a norma CEI IP66, prescritta per impianti a prova di polvere e ondate d'acqua.

La sistemazione dei condotti di espulsione deve essere effettuata in modo che l'elettroventilatore sia il più possibile posizionato in vicinanza del camino di scarico, in modo che le tubazioni si mantengano per la

massima parte in depressione: ciò impedisce in particolare, nel caso di fessurazioni, la fuoriuscita di inquinanti dalla tubazione stessa e il loro rientro nei locali. Inoltre, il distanziamento dell'elettroventilatore dal laboratorio consente di eliminare il rumore e le vibrazioni del motore. I giunti delle tubazioni devono essere a curva aperta, con angoli superiori ai 90° onde diminuire ulteriormente la rumorosità del flusso d'aria ed evitare fenomeni di condensa che potrebbero col tempo portare alla corrosione dei condotti.

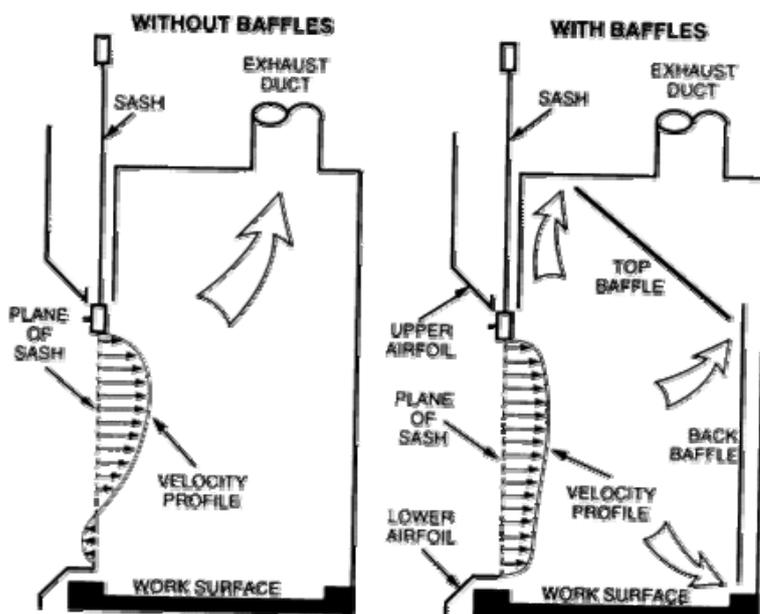




In genere, è preferibile il sistema una cappa - un condotto - un elettroventilatore, onde evitare il formarsi di miscele pericolose tra sostanze incompatibili o interferenze nei flussi d'aria, con fenomeni di ricircolo all'interno dei locali.

Comunque, la scelta del ventilatore e il dimensionamento del condotto d'espulsione devono essere eseguiti da un tecnico qualificato, che calcoli esattamente le dimensioni in funzione dei numerosi fattori implicati. Il diametro del condotto deve essere comunque preferibilmente maggiore o uguale a 20 cm, onde evitare eccessive perdite di carico nell'aspirazione.

Esistono diverse tipologie di cappe chimiche ad espulsione d'aria, la più semplice è composta da una cabina con vetro saliscendi frontale, un piano di lavoro, un doppio fondale e il collettore con il condotto di aspirazione. Il vetro frontale è normalmente a saliscendi con contrappesi, i vetri sono di



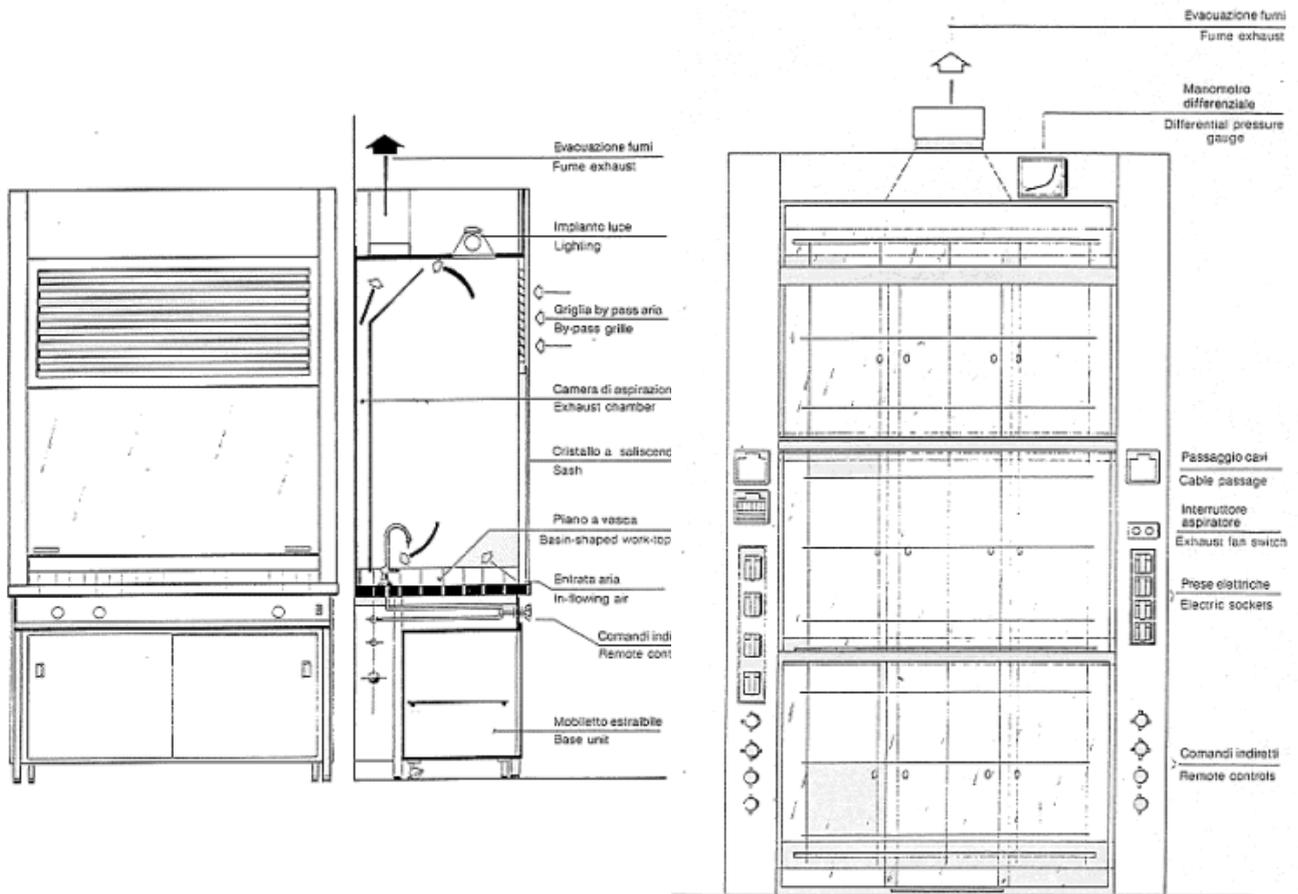
solito in cristallo temperato o di sicurezza oppure in policarbonato in caso di utilizzo di acido fluoridrico. Il piano di lavoro può essere in grès monolitico, polipropilene, acciaio o resina epossidica, in un pezzo unico, con bordi antisversamento arrotondati in modo da garantire una maggiore facilità di pulizia e il contenimento in caso di versamento sul piano. Il piano di lavoro può essere ribassato

per cappe che devono contenere distillatori o colonne cromatografiche.

I punti di aspirazione all'interno della cappa sono ubicati preferibilmente a diverse altezze sul pannello di fondo. Questa scelta tecnica fa sì che in corrispondenza di tali fessure la velocità di aspirazione sia alta (a parità di portata viene ridotta l'area superficiale) mentre la diversa altezza garantisce la cattura di gas o vapori con diversa densità. Da ciò discende il fatto che ostruire tali aperture diminuisce l'efficienza della cappa.

Le cappe sono poi dotate di servizi (acqua, gas, ecc.) che devono essere regolati dall'esterno della cappa, come sull'esterno dovranno essere tutte le prese di corrente.

Le cappe ad espulsione d'aria possono essere dotate di una larga feritoia a griglia posta sopra il fronte della cappa attraverso la quale entra dell'aria supplementare (**cappe con by pass d'aria**): ciò consente all'operatore di lavorare in condizioni di velocità frontale costante, indipendentemente dalla posizione del vetro, che può essere tenuto anche completamente abbassato senza che la cappa rimanga priva di alimentazione.

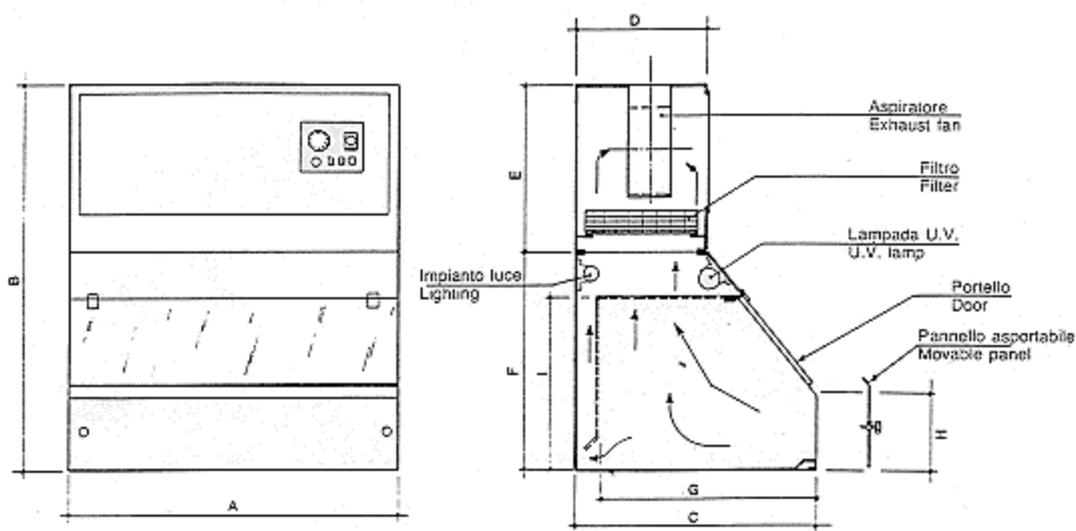


Le **cappe tecnologiche** per gli impianti pilota sono senza piano di lavoro, permettendo di utilizzare come vano cappa tutta l'altezza disponibile della struttura a partire dal pavimento; sono celle praticabili per le operazioni di montaggio dell'apparecchiatura e l'avviamento delle reazioni.

## 6.2 Cappe chimiche a ricircolo d'aria

Le **cappe a ricircolo d'aria** dette anche filtrate hanno dimensione ridotta e comprendono in un corpo unico tutti i componenti della cappa. Sono costruite in forma appoggiabile al pavimento o al banco. Il piano di lavoro è chiuso entro una cabina con frontale apribile trasparente collegata al sistema di depurazione (trappole ad assorbimento chimico, filtri a carbone attivo, ecc.) e di aspirazione (elettroventilatore). Tali cappe hanno il vantaggio di riciclare l'aria nel locale e quindi di non causare consumi d'aria riscaldata per espulsione esterna.

La depurazione dell'aria dai vapori tossici ha luogo per adsorbimento in fase solida; l'aria aspirata dall'elettroventilatore attraversa un letto di sostanze assorbenti (il filtro) che la purifica trattenendo le sostanze inquinanti per adsorbimento fisico o chimico. L'assorbente più impiegato è il carbone attivo, particolarmente quello ottenuto dalla combustione delle noci di cocco, attivato per trattamento con vapore o con altri processi chimico-fisici che aumentano la porosità dei granuli. La capacità di adsorbimento è definita dalla quantità di  $\text{CCl}_4$  adsorbito su 100 g di carbone attivo. Quando l'aria inquinata circola all'interno dei granuli, le sostanze di massa molecolare maggiore di 30 dalton restano intrappolate nei pori per adsorbimento fisico. Per l'assorbimento dei composti a bassa massa molecolare ( $\text{PM} < 30$ ) o molto volatili (p.eb  $< 60$  °C) si deve impregnare il carbone con reagenti o catalizzatori, che neutralizzano o decompongono le molecole dell'inquinante (chemiassorbimento),



variando il tipo di impregnazione si possono preparare filtri specifici.

Il grado di saturazione dei filtri è un fattore critico poiché la durata di un filtro dipende, oltre che dalla sua granulometria e dalla concentrazione e frequenza d'impiego delle sostanze da assorbire, anche dalle condizioni termogrignometriche dell'ambiente e dalla possibilità di assorbire sostanze volatili presenti nell'atmosfera del laboratorio anche nei periodi di non funzionamento della cappa. L'applicazione di un doppio filtro può aumentare la durata del sistema filtrante: con il progressivo esaurimento del primo filtro inizia l'azione d'adsorbimento del secondo.

Per evitare l'ostruzione dei micropori del carbone da parte di particelle submicromiche disperse nell'aria è necessario far precedere il filtro da un prefiltro costituito da fibre polimeriche caricate

elettrostaticamente con una efficienza maggiore del 95% per particelle < 0.5 mm. In aggiunta al filtro molecolare possono essere inseriti filtri HEPA (filtri ad alta efficienza) per la purificazione assoluta dell'aria, oppure possono essere montati filtri polifunzionali a strati formati da un prefiltro, un filtro particellare e un filtro molecolare, che hanno il vantaggio della sostituzione unica.

Le cappe a filtrazione molecolare inoltre non si devono utilizzare quando si devono trattare grandi quantità di sostanze volatili, tossiche, corrosive o infiammabili, esplosive o radioattive; quando le sostanze sono incompatibili tra di loro, con il filtro o con le sostanze precedentemente assorbite; con sostanze che messe in contatto sviluppano reazioni esotermiche o esplosive; con materiali a rischio biologico.

### 6.3 Camere a guanti o "glove box"



La totale protezione dal contatto con i materiali tossici, radioattivi, patogeni, mutageni è ottenuta con le cappe note come "glove box", sul cui frontale è montata una coppia di manicotti a guanto per la manipolazione dei materiali e delle apparecchiature senza contatto epidermico. L'isolamento integrale è realizzato inserendo anche nel camino d'entrata dell'aria un filtro HEPA, e mantenendo in depressione la camera per effetto dell'elettroventilatore posto sopra il filtro di uscita. La scarsa manovrabilità e sensibilità imposta dai manicotti limita l'impiego di questa classe di cappe alle operazioni in cui è indispensabile il totale isolamento dall'ambiente. I sistemi a tenuta ermetica possono operare a pressione ridotta e in

atmosfera controllata mediante l'installazione di sistemi di purificazione dei gas per manipolazioni con gas inerte. Sono dotati di due camere, collegate da una porta d'interscambio: la camera di lavoro a pressione controllata e la camera d'interscambio a condizionamento variabile per introdurre o estrarre il materiale senza alterare le condizioni della camera di lavoro. I glove box possono essere costruiti come impianti fissi a singolo o doppio fronte, a uno o più posti di lavoro oppure possono essere camere mobili da banco con diverse forme: trapezoidali, cilindriche, sferiche. Sono dotate inoltre di passaggi a tenuta ermetica predisposti per sacchi di rifiuti, tubazioni, condutture elettriche per i

comandi esterni degli strumenti, nonché per sistemi di protezione per il ricambio dei filtri saturi senza produrre contaminazioni.

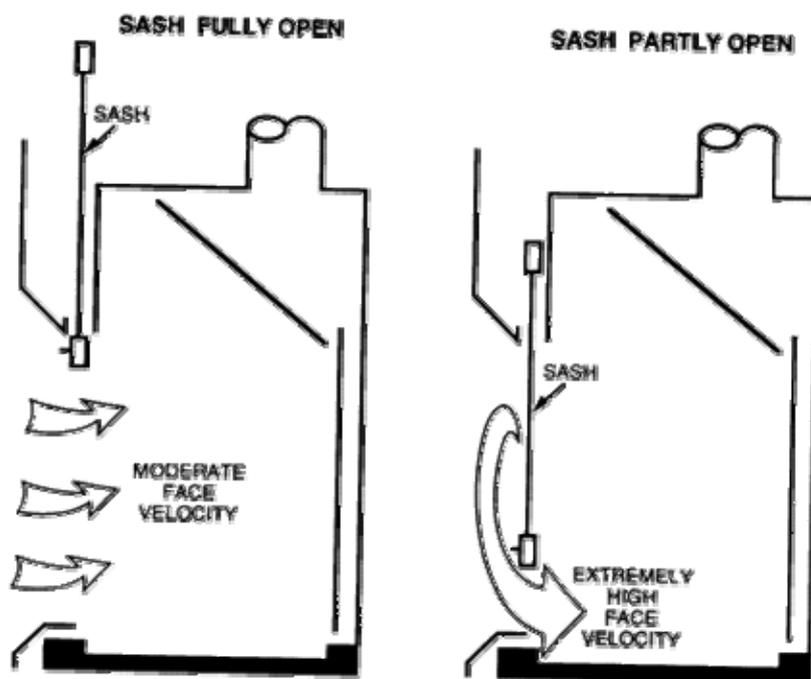
## 6.4 Utilizzo corretto della cappa chimica

La presenza della cappa chimica in laboratorio non è da sola sufficiente a garantire la sicurezza. Occorre infatti che la cappa sia utilizzata correttamente, il personale deve quindi essere addestrato in modo da ottenere i maggiori vantaggi possibili in termini di protezione e per evitare che l'uso incongruo possa creare situazioni di maggior pericolo.

Di seguito vengono riportati consigli e raccomandazioni per il miglior utilizzo possibile di tale dispositivo.

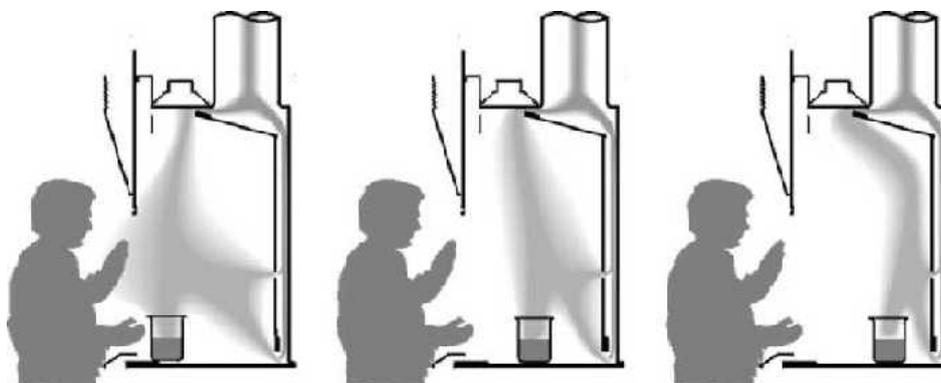
1. Tutte le operazioni con prodotti chimici pericolosi devono essere svolte sotto cappa e comunque sempre quando tale indicazione è data nella scheda di sicurezza dei prodotti da manipolare.
2. Lasciare sempre in funzione la cappa quando al suo interno vengono conservate sostanze chimiche tossiche, e quando non vi sia la certezza che l'impianto di ventilazione del locale sia efficace.
3. La cappa deve essere posizionata nel locale lontano da ogni fonte di turbolenza d'aria (porte, finestre, impianti di ventilazione, caloriferi, termoconvettori, stufe, passaggio di persone, ecc.). In particolare durante l'attività sotto cappa dovrà essere evitata ogni causa di turbolenza nell'aria del locale.
4. Prima di iniziare il lavoro verificare che la cappa sia in funzione, per esempio con un fazzoletto od un foglio di carta.

5. Dopo aver inserito il materiale, abbassare lo schermo frontale almeno a circa 40 cm dal piano di lavoro. Se la cappa ha la regolazione automatica della velocità abbassare lo schermo all'altezza minima indispensabile per lavorare in sicurezza e comodità, ottenendo un significativo risparmio energetico. Se il pannello frontale è dotato di vetri scorrevoli

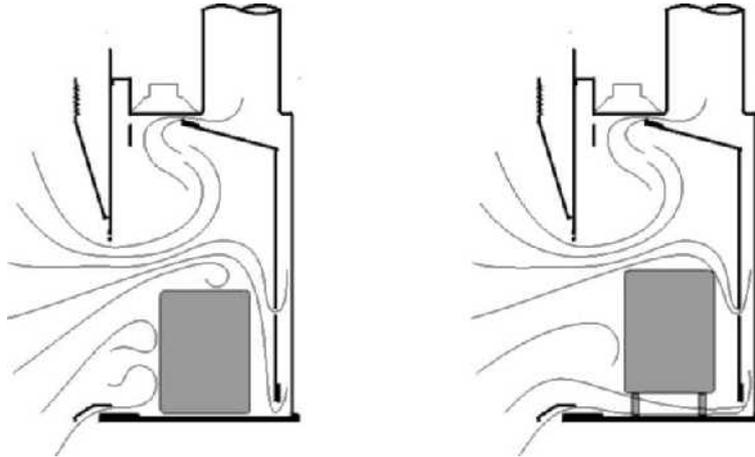


orizzontalmente, tenerli chiusi. Se la cappa è in funzione ma non utilizzata mantenere completamente abbassato il frontale.

6. Durante la sperimentazione mantenere il frontale abbassato il più possibile. Più il frontale è abbassato meno il funzionamento della cappa risente delle correnti nella stanza.
7. Lavorare in piedi o seduti, in posizione eretta, evitando di sporgersi con la testa verso la zona di lavoro.
8. Stare leggermente scostati con il corpo dalla zona di apertura frontale per non generare turbolenze.
9. Non utilizzare la cappa come deposito di sostanze chimiche tossiche prive di adeguate protezioni, o per smaltimento delle stesse per evaporazione forzata.
10. Gli apparecchi elettrici introdotti devono essere alimentati dall'esterno e devono essere certificati idonei per atmosfera a rischio di esplosione se necessario.
11. E' proibita la presenza di prese elettriche all'interno del vano cappa.
12. Preferire, quando possibile, le cappe con comandi remoti dei fluidi tecnici, onde evitare di entrare con le braccia all'interno del vano cappa.
13. Al termine dell'attività pulire con adeguati sistemi il piano di lavoro e le pareti interne.
14. Ridurre allo stretto indispensabile gli strumenti e i materiali presenti nella zona di lavoro per minimizzare le turbolenze. Le fonti di emissione (prodotti chimici o apparecchiature) dovrebbero essere tenute almeno 15-20 cm all'interno della cappa. Tale accorgimento impedisce la fuoriuscita delle sostanze dalla cappa quando turbolenze ambientali interferiscono con l'aspirazione. Potrebbe essere opportuno segnare tale linea sul banco di lavoro della cappa stessa.



15. Evitare di creare delle correnti d'aria in prossimità di una cappa in funzione (apertura di porte o finestre, transito frequente di persone).
16. Tenere sotto cappa solo il materiale strettamente necessario all'esperimento. Non ostruire il passaggio dell'aria lungo il piano della cappa e qualora sia necessario utilizzare attrezzature che ingombrano il piano sollevarle almeno di 5 cm rispetto al piano stesso e tenerle distanziate anche dalle pareti. Non vanno in ogni caso ostruite le feritoie di aspirazione della cappa.



17. Approntare un piano di azione in emergenza in caso di malfunzionamento durante una sperimentazione o in caso di esplosione o di incendio nella cappa.
18. Mantenere pulito ed ordinato il piano di lavoro dopo ogni operazione. E' opportuno che ogni operatore alla fine di ogni utilizzo della cappa la pulisca usando prodotti specifici a seconda delle sostanze adoperate in modo da evitare rischi impropri per chi userà la cappa in tempi successivi.
19. Quando la cappa non è in uso spegnere l'aspirazione e chiudere il frontale.

## 6.5 Limitazioni ed errori comuni nell'utilizzo della cappa chimica

Anche se la cappa chimica è un dispositivo estremamente efficiente nel contenimento dei prodotti pericolosi essa ha diverse restrizioni:

**Particolato:** una cappa chimica non è progettata per contenere il rilascio ad alta velocità di polveri a meno che il vetro non sia completamente chiuso.

**Sistemi in pressione:** Vapori o gas liberati da un sistema in pressione possono muoversi ad una velocità sufficiente per fuoriuscire dalla cappa.

**Esplosioni:** Le cappe non sono in grado di contenere esplosioni anche se con il vetro completamente chiuso, se un pericolo di esplosione esiste sono altri i sistemi da mettere in campo per proteggere gli operatori, quali: barriere, schermi deflettori, ecc.

**Acido perclorico:** una cappa chimica convenzionale non deve essere utilizzata con acido perclorico. I vapori di acido perclorico possono condensarsi sul condotto e cristallizzare sotto forma di perclorati di cui è noto il potere detonante.

**Deflettori:** Diverse cappe chimiche sono dotate di un deflettore sulla soglia per dirigere il flusso d'aria a lavare il piano di lavoro. Tali deflettori non possono essere rimossi.

**Vetri con apertura orizzontale:** E' importante controllare l'apertura di tali vetri che si aggiungono all'apertura verticale dello schermo. Se si utilizza l'apertura verticale quella orizzontale deve essere evitata. L'apertura orizzontale va utilizzata solo a schermo completamente abbassato.

**Condotti di aspirazione esterni convogliati:** è assolutamente da evitare l'immissione in una cappa chimica o nel suo condotto del condotto di estrazione di un'altra apparecchiatura o armadio. Normalmente tale operazione porta ad una diminuzione dell'efficienza di aspirazione della cappa chimica stessa.

**Microrganismi:** il lavoro che coinvolge microrganismi patogeni deve essere svolto sotto una cappa di biosicurezza e non in una cappa chimica.

**Sostanze altamente pericolose:** una cappa chimica ben progettata e usata correttamente può contenere fino al 99.9 % dei contaminanti rilasciati al suo interno. Se la sostanza manipolata è così altamente pericolosa da necessitare un contenimento maggiore si suggerisce l'utilizzo di una glove box.

**Controllo dell'inquinamento:** è bene ricordarsi che una cappa chimica non filtrata non è un dispositivo di controllo dell'inquinamento. Tutti i contaminanti che sono rimossi dal sistema di estrazione sono rilasciati direttamente in atmosfera. Tutte le apparecchiature utilizzate in una cappa dovrebbero quindi essere dotate di trappole, condensatori o scrubber, per contenere e raccogliere i solventi esausti, i vapori tossici o le polveri.

## 6.6 Manutenzione e controlli periodici della cappa chimica

La prima regola da rispettare per mantenere efficiente una cappa chimica è la pulizia quotidiana a fine giornata per rimuovere le macchie prodotte da eventuali spruzzi di materiale: molte sostanze chimiche possono macchiare le superfici interne della cappa se non sono prontamente rimosse. Per prevenire eventuali malfunzionamenti della cappa è comunque necessario definire un programma annuale di verifica e di manutenzione degli impianti idraulici ed elettrici installati, della ventilazione e della meccanica.

### Registro di manutenzione e controllo

Tutti i dati relativi alla manutenzione, alle verifiche periodiche o ad eventuali interventi devono essere annotati cronologicamente con data su un registro allegato alla cappa e firmati da chi ha eseguito l'operazione.

### Pulizie periodiche

- Pulizia del piano della cappa (giornaliera o settimanale a seconda dell'uso).
- Pulizia del plenum di estrazione (semestrale o annuale a seconda dell'uso).
- Lavaggio interno della cappa (annuale).

### Verifiche periodiche

- Verifica della velocità di aspirazione. Dovranno essere effettuati un controllo anemometrico della velocità frontale e uno smoke pattern test per verificare l'assenza di turbolenze nella barriera frontale.
- Misura della velocità di rotazione del ventilatore e che l'elettroventilatore non presenti danni o segni di usura.
- Controllo che i canali di espulsione non siano danneggiati e che siano ben raccordati tra di loro.

- Verificare che le manopole dei rubinetti non abbiano gioco e soprattutto che il rubinetto del gas combustibile sia in ottimo stato, con il tipico scatto alla chiusura.
- Controllare il regolare svuotamento delle vaschette di scarico spesso otturate da oggetti vari.
- Verificare che la sigillatura perimetrale in silicone del vassoio della cappa sia ancora in buono stato
- Manutenzione dello schermo saliscendi: occorre verificare annualmente ed eventualmente sostituire le funicelle dei contrappesi, oliare le carrucole, testare gli eventuali fermi di sicurezza. I cavi di acciaio che sostengono il vetro frontale devono risultare entrambi in tensione e integri. Se la cappa è dotata di vetri scorrevoli orizzontali occorre verificare che non ci siano resistenze allo scorrimento nelle relative guide.
- Verifica che tutte le viti siano ben salde.
- Verifica del corretto funzionamento dell'illuminazione.
- Sostituzione degli eventuali filtri presenti secondo la periodicità stabilita dalla ditta fornitrice, in assenza di indicazioni specifiche va prevista la sostituzione di essi almeno annualmente indipendentemente dall'utilizzo della cappa.
- Ispezione annuale dell'eventuale sistema depurante, delle serrande, del ventilatore, del condotto di estrazione e dell'indicatore di portata.

## 6.7 Criteri di valutazione dell'efficienza di aspirazione

L'efficienza di aspirazione di una cappa chimica si può esprimere attraverso il valore di velocità del flusso d'aria indotto dalla differenza di pressione generata dall'elettroventilatore e riscontrato sul frontale dell'apparato stesso, espressa in metri al secondo.

Tale parametro è determinante per il tipo di operazioni da effettuare e per le sostanze manipolabili nella cappa stessa: più la sostanza è tossica più è importante che la velocità di rimozione sia elevata e ciò si può esprimere anche dicendo che più è basso il TLV di una sostanza più alta deve essere la velocità di aspirazione.

Le cappe con velocità frontale inferiore a 0,20 m/s devono essere revisionate o dismesse. L'orientamento ormai comune per l'utilizzo di cancerogeni o di sostanze di elevata tossicità non è più quello di utilizzare velocità di aspirazioni elevate ma cappe a contenimento totale ("glove-box"). L'impiego di cancerogeni e/o mutageni va effettuato, comunque, in cappe dedicate esclusivamente a tali agenti.

## 6.8 Scelta del sistema di aspirazione in funzione del tipo di sostanze

Parametri fondamentali per una corretta scelta dei sistemi di aspirazione in funzione della "tossicità" delle sostanze sono riportati in tabella:

<i>Cappa chimica</i>	<i>Sostanze</i>
1. Velocità frontale	1. TLV (valore limite di soglia) 2. Frasi di rischio

In funzione della velocità di aspirazione dell'aria sul frontale della cappa chimica è possibile identificare le sostanze manipolabili nella cappa in funzione del loro TLV secondo quanto riportato in tabella.

<i>Velocità frontale (m/s)</i>	<i>TLV</i>	<i>Categoria Cappa</i>
> 0,50	< 1 ppm	A
0,30 – 0,50	100 ppm > TLV > 1 ppm	B
0,20 – 0,30	> 100 ppm	C

Nel caso in cui la sostanza non presenti un valore limite di soglia (TLV) sarà necessario prendere in considerazione le frasi di rischio R come riportate sulla scheda di sicurezza della sostanza. Per far ciò è però prima necessario associare alle diverse sostanze un "indice intrinseco di tossicità (IT)" ricavabile dalle frasi R.

<i>Indice di tossicità IT</i>	<i>Potenzialità di danno</i>
1	Entità del danno lieve: effetti reversibili
2	Entità del danno moderata: effetti potenzialmente irreversibili Entità del danno media: effetti irreversibili
3	Entità del danno molto alta: effetti possibilmente letali Entità del danno alta: effetti irreversibili gravi

Nel modo seguente:

<i>Indice di tossicità 1</i>	<i>Indice di tossicità 2</i>	<i>Indice di tossicità 3</i>
R36	R20	R26
R37	R21	R62
R66	R34	R63
	R67	R64
	R23	R68
	R42	R33
		R40
		R48
		R45
		R49
		R46

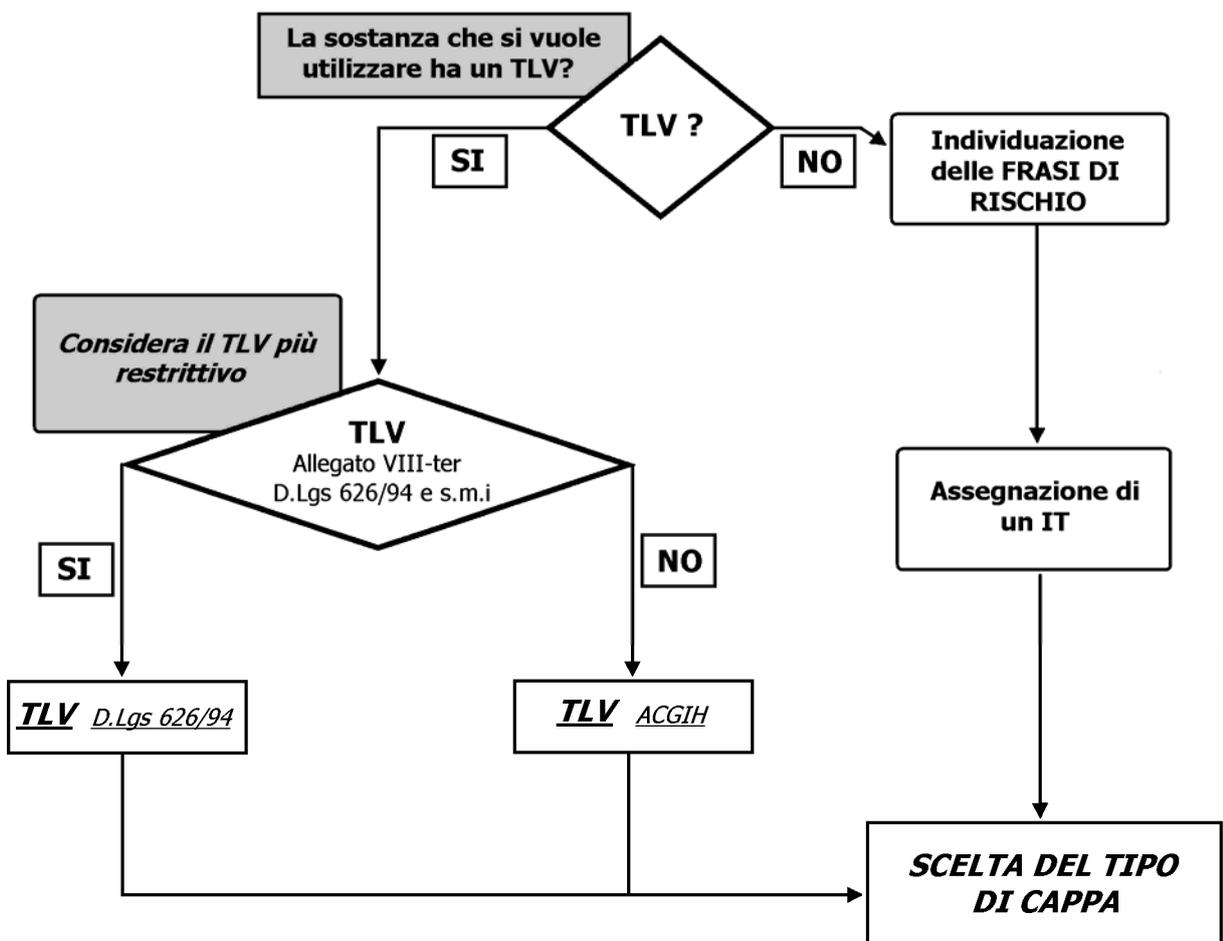
Nel caso in cui una sostanza presenti una combinazione di frasi R per l'attribuzione dell'indice IT si prenderà in considerazione la frase R che porta all'attribuzione dell'IT più elevato.

Ora in funzione dell'indice di tossicità al posto del TLV e della velocità di aspirazione è possibile identificare le sostanze manipolabili nelle cappe chimiche:

<i>Velocità frontale (m/s)</i>	<i>IT</i>	<i>Categoria Cappa</i>
> 0,50	3	A
0,30 – 0,50	2	B
0,20 – 0,30	1	C

Nel caso che l'operatore non conosca la pericolosità della sostanza è necessario che esso la manipoli in via cautelativa utilizzando una cappa chimica di categoria A.

Di seguito viene riportato un diagramma di flusso che riassume le modalità da seguire nella scelta del tipo di cappa in funzione delle sostanze da manipolarvi.

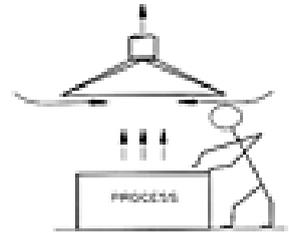


## 6.9 Altri dispositivi di captazione

Esistono nei laboratori dispositivi di captazione localizzata diversi dalla cappa chimica ed in particolare:

### Banco cappato

Un banco cappato in un laboratorio chimico può essere una struttura simile ad una cappa da cucina oppure può essere costruita con chiusure laterali più simile ad una cappa chimica, ma di quest'ultima non raggiunge mai l'efficienza sia nel contenimento degli aereodispersi che nella protezione dell'operatore.

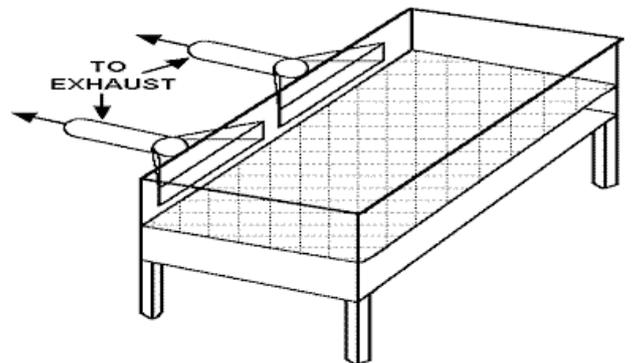


### Proboscidi

Quelle che vengono comunemente chiamate proboscidi sono in genere condotti flessibili collegati ad un sistema di aspirazione. Esse possono catturare solo contaminanti che sono molto vicini all'apertura in genere ad una distanza minore o uguale alla metà del diametro del condotto. Possono essere utilizzati al di sopra dei gas cromatografi ma se l'emissione di sostanze tossiche è considerevole devono essere considerati con attenzione.

### Piani di lavoro aspirati

Tali tavoli speciali sono dotati di una aspirazione sul piano verso il basso, sono per esempio utilizzati durante la perfusione di animali con sostanze tossiche.



## 7. Dispositivi di Protezione Individuale

### (A disposizione dei lavoratori presso il magazzino IRC-CNR)

Per dispositivo di protezione individuale (DPI) si intende qualsiasi attrezzatura destinata ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi presenti nell'attività lavorativa, suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato a tale scopo.

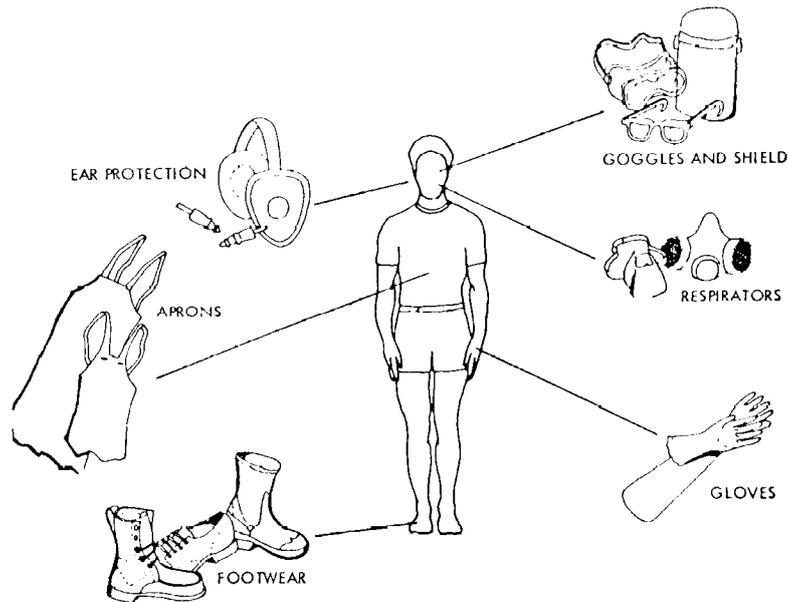
I DPI devono essere prescritti solo quando non sia possibile attuare misure di prevenzione dei rischi (riduzione dei rischi alla fonte, sostituzione di agenti pericolosi con altri meno pericolosi, utilizzo limitato degli stessi), adottare mezzi di protezione collettiva, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro.

Il lavoratore, e gli studenti in quanto parificati ai lavoratori, è obbligato a utilizzare correttamente tali dispositivi, ad averne cura e a non apportarvi modifiche, segnalando difetti o inconvenienti specifici. Per alcuni DPI è fatto obbligo di sottoporsi a programmi di formazione e in alcuni casi di addestramento.

L'art. 76 del D.Lgs. n. 81/08 indica le caratteristiche che devono avere i DPI per poter essere utilizzati:

- devono essere adeguati ai rischi da prevenire e alla loro entità senza comportare di per sé un rischio aggiuntivo
- devono essere rispondenti alle esigenze ergonomiche o di salute del lavoratore
- devono essere adattabili all'utilizzatore secondo le sue necessità
- devono essere in possesso dei requisiti essenziali intrinseci di sicurezza, cioè essere conformi alle norme di cui al D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 e s.m. (marcatura CE)

La scelta dei dispositivi di protezione da utilizzare dipende dal tipo di operazione che si intende svolgere, dalla natura e dalla quantità del prodotto in uso e deve essere verificata di caso in caso.



## 7.1 Protezione degli occhi

### Occhiali di sicurezza

Gli occhiali di sicurezza (safety glasses) sono dotati di lenti che possono resistere all'impatto ed hanno una struttura più robusta dei normali occhiali. Essi devono avere degli schermi laterali ed essere indossati tutte le volte che esiste la possibilità che sostanze, particelle, oggetti, frammenti possano entrare in contatto con gli occhi. Esiste in commercio una grande offerta di occhiali di sicurezza alcuni dei quali possono essere usati anche al di sopra degli occhiali da vista.



Questi occhiali di sicurezza non forniscono una protezione adeguata in caso di uno spargimento chimico significativo, essi non aderiscono al viso e quindi possono permettere al prodotto chimico di percolare ai lati e di arrivare alla pelle. Essi vanno utilizzati quando occorre proteggersi da piccoli schizzi come per esempio quelli che possono originarsi dall'apertura di una provetta.

### Occhiali a maschera

Gli occhiali a maschera (goggles) devono essere utilizzati quando uno schizzo di prodotto chimico può essere di entità significativa. Anche questi occhiali sono resistenti all'impatto e possono essere indossati sopra gli occhiali da vista. La maggior parte ha delle valvole che ne evitano l'appannamento.



Tra i vari prodotti sul mercato ve ne sono ora alcuni che hanno una configurazione intermedia tra gli occhiali di sicurezza e gli occhiali a maschera (visorgogs).

### Schermo Facciale

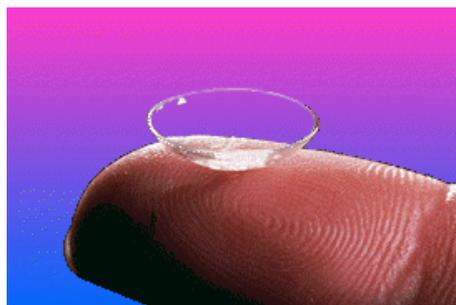
Lo schermo facciale è da preferire quando si vuole proteggere il viso o perché si lavora con grosse quantità di sostanze o quando vi è una probabilità di doversi riparare dalla proiezione di particelle solide.



Gli schermi facciali forniscono una protezione secondaria e devono sempre quindi essere usati con gli occhiali di sicurezza o la maschera.

### Lenti a contatto

Il divieto di utilizzare le lenti a contatto in laboratorio, sempre molto rigido, è recentemente stato messo in discussione dalla pubblicazione di una linea guida dell'Associazione Americana degli Optometristi secondo cui le lenti a contatto possono essere utilizzate in laboratorio. In caso che esse vengano contaminate con un prodotto chimico dovranno comunque essere rimosse immediatamente e non riutilizzate.



## 7.2 Protezione del corpo

Il camice da laboratorio non è considerato a rigore un dispositivo di protezione individuale, è buona norma comunque indossarlo sempre in laboratorio in quanto può proteggere da piccoli versamenti o schizzi. Nel caso sussista la possibilità di una contaminazione chimica più importante esistono camici e grembiuli adatti a liquidi corrosivi o irritanti. Normalmente nei laboratori non è necessario indossare tute, soprascarpe, sovramaniche ma è comunque buona norma non indossare sandali, scarpe aperte, calzoni o gonne corte. Per quanto riguarda il camice da laboratorio esso va indossato chiuso, con le maniche non arrotolate, mantenuto pulito ed in ordine. Il camice del chimico non ha polsini ma elastici ai polsi per evitare impigliamenti durante il lavoro. Se non vi è disponibilità di una pulizia centralizzata il camice deve essere portato a casa chiuso in un sacchetto e lavato separatamente dagli altri indumenti. Quando si esce dal laboratorio o dall'area di ricerca il camice va tolto e indossato di nuovo al proprio ritorno.



## 7.3 Protezione delle mani

La scelta ed il buon utilizzo dei guanti in un laboratorio chimico è estremamente importante e spesso sottovalutata. Non solo diversi prodotti chimici possono causare al contatto irritazione o ustioni ma anche l'assorbimento attraverso la pelle è per certi prodotti chimici una via di esposizione da non sottovalutare (fra questi il dimetilsolfossido e il nitrobenzene). I guanti dovrebbero essere utilizzati durante la manipolazione di prodotti chimici pericolosi, tossici, corrosivi oppure durante l'uso di attrezzature molto calde o molto fredde.

Normalmente in un laboratorio chimico di ricerca o di didattica è sufficiente l'uso di guanti in nitrile o in lattice, che offrono protezione in caso di schizzo o contatto accidentale.

Nel caso che si utilizzino prodotti chimici altamente tossici, prodotti corrosivi ad alte concentrazioni, che la manipolazione sia estesa nel tempo o preveda anche l'immersione delle mani nel prodotto, la scelta del tipo di guanto dovrà essere più attentamente valutata tenendo conto della compatibilità chimica tra il prodotto chimico utilizzato ed il materiale costituente il guanto. E' necessario comunque ricordarsi sempre che:

- i guanti proteggono solo l'operatore ma non rimuovono il contaminante dal luogo di lavoro;
- alcuni tipi di guanti sono scomodi e possono interferire con il metodo di lavoro;
- indossare i guanti interferisce con il senso del tatto e quindi nell'afferrare le cose occorre più prudenza del normale;
- una buona protezione dipende molto dal modo in cui i guanti sono indossati e dall'attenzione ai dettagli dell'utilizzo;

- usi scorretti o cattiva manutenzione possono annullare la protezione.

### Come scegliere il materiale del guanto da utilizzare

Nella scelta di un guanto adeguato dovrebbero essere considerate le seguenti caratteristiche:

Velocità di degradazione: è la velocità con cui si verifica il cambiamento di una o più proprietà fisiche del materiale in seguito ad esposizione ad agenti chimici.

Tempo di penetrazione: è il tempo che trascorre tra il primo contatto del prodotto chimico testato sulla superficie del guanto e la determinazione analitica dello stesso prodotto chimico all'interno del guanto.

Velocità di permeazione: è la velocità con cui, una volta avvenuta la penetrazione dell'agente chimico, si raggiunge l'equilibrio, la permeazione coinvolge l'assorbimento del prodotto chimico sulla superficie del guanto, la diffusione attraverso il guanto e il desorbimento del prodotto chimico dall'interno del guanto.

Le schede tecniche fornite con i guanti dovrebbero contenere le informazioni su questi parametri non bisogna però dimenticare che le case produttrici di guanti li determinano in condizioni controllate di laboratorio. Altra importante fonte di informazioni è la scheda di sicurezza dove al punto 8 è riportato l'indice di permeazione cioè il tempo, in minuti, impiegato da un liquido pericoloso ad impregnare lo spessore del guanto.

Indice di protezione	Tempo di permeazione (min)
1	>10
2	>30
3	>60
4	>120
5	>240
6	>480

Non dimenticandosi che il tempo utile è influenzato da:

- dalla natura della sostanza
- dalla sua concentrazione
- dallo spessore del guanto
- dalle condizioni di esposizione
- dalla temperatura dell'ambiente
- dalla temperatura della sostanza

Nel caso comune dell'utilizzo di una miscela di sostanze il materiale del guanto dovrà essere scelto in base all'agente chimico con il tempo di permeazione più basso

Di seguito viene riportata una rassegna non esaustiva dei principali materiali di cui sono fatti i guanti.

### PVC

- adatto per le manipolazioni di acidi e basi
- buona resistenza ai grassi ed idrocarburi alifatici
- discreta resistenza agli idrocarburi aromatici
- scarsa resistenza ai solventi e ai chetoni
- imbottiti di materiale termoisolante, offrono buona resistenza alle bassissime temperature
- NON RESISTONO a temperature superiori a 65°C c.a.



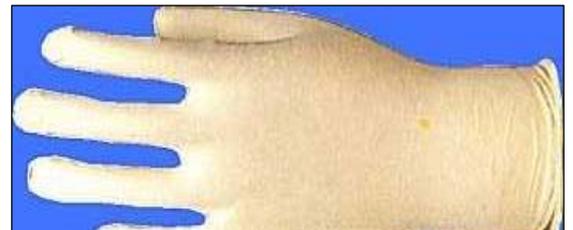
### Neoprene

- buona resistenza agli idrocarburi ed ai solventi alifatici, ai grassi, agli acidi ed agli alcali, alle soluzioni sature di sali e all'ammoniaca
- scarsa resistenza agli idrocarburi aromatici ai solventi clorurati ed ai chetoni



### Gomma naturale (lattice)

- resistono alle soluzioni acide a media concentrazione ed a quelle alcaline a ad alta concentrazione
- non resiste ai grassi, agli idrocarburi ed ai solventi organici clorurati
- occorre indossarli solo se si è sicuri di non essere allergici al lattice.



### Butile

- guanti adatti per manipolazione di solventi aggressivi (acetone e composti, dimetilformammide), acidi minerali e alcool



### Nitrile

adatti per proteggere da numerosi prodotti chimici quali alcoli, solventi aromatici, clorurati e derivati dal petrolio



Di seguito viene riportata una tabella di compatibilità chimica, altre sono disponibili in rete.

Chemical Family	Butyl Rubber	Neoprene	PVC (Vinyl)	Nitrile	Natural Latex
Acetates	G	NR	NR	NR	NR
Acids, inorganic	G	E	E	E	E
Acids, organic	E	E	E	E	E
Acetonitrile, Acrylonitrile	G	E	G	S	E
Alcohols	E	E	NR	E	E
Aldehydes	E	G	NR	S*	NR
Amines	S	NR	NR	F	NR

Bases, inorganic	E	E	E	E	E
Ethers	G	F	NR	E	NR
Halogens (liquids)	G	NR	F	E	NR
Inks	G	E	E	S	F
Ketones	E	G	NR	NR	G
Nitro compounds (Nitrobenzene, Nitromethane)	G	NR	NR	NR	NR
Oleic Acid	E	E	F	E	NR
Phenols	E	E	NR	NR	G
Quinones	NR	E	G	E	E
Solvents, Aliphatic	NR	NR	F	G	NR
Solvents, Aliphatic	NR	NR	F	F	NR

S - Superior, E - Excellent, G - Good, F - Fair, NR - Not Recommended.

Esistono inoltre guanti da utilizzare per proteggersi dal freddo e per proteggersi dal calore.

#### Guanti di protezione contro il calore o il fuoco

Proteggono le mani contro il calore e/o le fiamme in una o più delle seguenti forme: fuoco, calore per contatto, calore convettivo, calore radiante, piccoli spruzzi o grandi proiezioni di metallo fuso.



#### Guanti di protezione contro il freddo

Proteggono contro il freddo trasmesso

per convezione o conduzione fino a -50 °C. I valori dei vari livelli di prestazione sono determinati dai requisiti speciali per ogni classe di rischio o dalle specifiche aree di applicazione: prevedendo lavori in ambienti freddi si darà la preferenza alle alte resistenze al freddo convettivo, mentre se si prevede di maneggiare oggetti freddi si preferiranno buone protezioni dal freddo di contatto.



#### Norme di utilizzo

1. I guanti devono essere indossati quando esiste un potenziale rischio di contatto di un prodotto chimico con le mani.
2. Scegliere accuratamente il tipo di guanto da indossare in relazione all'attività da svolgere e ai prodotti chimici da utilizzare. Indossare sempre e solo guanti della taglia adatta.
3. Per la scelta del materiale è necessario riferirsi alle tabelle specifiche e alle schede di sicurezza dei prodotti. Se il rischio è sconosciuto sono raccomandati come minimo guanti in gomma nitrilica. Il tipo di guanti da utilizzare dovrebbe essere comunque specificato nella procedura operativa standard.

4. Tutti i guanti proteggono solo a breve termine in quanto nel tempo tutti, con diversi gradi, consentono la permeazione della maggior parte dei composti organici in maniera inversamente proporzionale al loro spessore.
5. Prima di ogni uso i guanti devono essere ispezionati per rilevare danni o contaminazioni (tagli, punture, punti scoloriti etc.).
6. I guanti monouso non devono mai essere riutilizzati.
7. I guanti non monouso devono essere sostituiti periodicamente in funzione della frequenza di utilizzo e della loro resistenza alle sostanze impiegate. La permeazione dei prodotti chimici può diventare una fonte di esposizione cronica. I lavaggi e l'utilizzo di solventi non polari rimuovono gli agenti plastici e degradano rapidamente il guanto.
8. I guanti devono essere tolti prima di toccare superfici che non devono essere contaminate (maniglie, telefono etc.).
9. I guanti non devono essere utilizzati fuori dal laboratorio. Se è necessario trasportate al di fuori del laboratorio una mano deve essere mantenuta senza guanto e con quella si procederà ad aprire le porte.
10. Guanti speciali devono essere utilizzati per i materiali caldi o abrasivi (es. vetreria rotta): questi guanti non sono adatti a maneggiare prodotti chimici.
11. I guanti devono essere tolti secondo la procedura qui sotto e quindi vanno messi fra i rifiuti pericolosi.
12. E' necessario lavarsi sempre le mani dopo essersi tolti i guanti.
13. In caso di versamento sui guanti è necessario toglierseli e lavarsi subito le mani.
14. Alcune manipolazioni, es. cancerogeni ed antitumorali, necessitano dell'utilizzo di due paia di guanti.

#### Istruzioni per rimuovere in sicurezza i guanti contaminati



Prendere il guanto all'altezza del polso e tirare



Con cautela e lentamente tirare il guanto verso la punta delle dita e contemporaneamente rovesciando il guanto in modo che la parte interna vada verso l'esterno.

	<p>Continuare a tirare il guanto verso la punta delle dita.</p>
	<p>Rimuovere completamente il guanto trattanendolo nella mano guantata.</p>
	<p>Inserire un dito della mano libera nel guanto rimasto fino a circa metà del dito.</p>
	<p>Ruotare il dito di circa 180 gradi e cominciare a tirare il guanto verso la punta delle dita. Facendo ciò il primo guanto tolto verrà racchiuso nel guanto che si sta togliendo. Anche per il secondo guanto la parte interna viene portata all'esterno.</p>
	<p>Prendere i guanti con la mano già libera toccando solo la superficie non contaminata, cioè la superficie interna del guanto. Tirare leggermente per liberare anche la punta delle dita della seconda mano. Gettare i guanti nell'apposito recipiente. Lavarsi con cura le mani.</p>

## 7.4 Protezione delle vie respiratorie

Normalmente in un laboratorio chimico durante le normali attività non dovrebbe essere necessario indossare una protezione delle vie respiratorie a questo essendo deputate le cappe chimiche presenti. Può comunque essere necessario in casi di emergenza o durante manutenzioni ordinarie o straordinarie che siano indossati i DPI per le vie respiratorie. I respiratori possono essere di diversi tipi.

### Facciale filtrante

Il facciale filtrante è un solo elemento, che può essere completamente costituito di materiale filtrante, dotato o meno di valvola di espirazione.



### Semimaschera

La semimaschera copre solo naso e bocca e vi si applica, in modo intercambiabile, l'elemento filtrante.



### Maschera

La maschera copre tutto il viso e vi si applica, in modo intercambiabile, l'elemento filtrante.

I respiratori contro particelle o antipolvere, siano essi facciali filtranti o semimaschere con filtri, sono costituiti di materiale che trattiene le particelle sia meccanicamente che per azione elettrostatica.

Hanno 3 classi di protezione, a efficienza crescente, normalmente espressa con un Fattore Nominale di Protezione (FNP) che è il rapporto fra concentrazione del contaminante nell'ambiente e dentro alla maschera. Il fattore risultante arrotondato, per sicurezza, all'intero inferiore indica di quante volte il dispositivo può ridurre la concentrazione esterna.



classi di efficienza dei respiratori antipolvere	Efficienza filtrante totale minima	FNP	Concentrazione esterna max
FFP1/P1 (Facciale Filtrante antiPolvere classe 1/filtro classe 1)	78%	4	Fino a 4 x TLV
FFP2/P2 (Facciale Filtrante antiPolvere classe 2/filtro classe 2)	92%	10	Fino a 10 x TLV
FFP3/P3 (Facciale Filtrante antiPolvere classe 3/filtro classe 3)	98%	50	Fino a 50 x TLV

I filtri antipolvere sono generalmente contraddistinti dalla colorazione BIANCA.

I respiratori antigas hanno filtri in carbone attivo che, per assorbimento fisico o chimico, trattengono l'inquinante. Vengono distinti tramite lettere e colori identificativi:

Tipo	Colore	Protezione
A	Marrone	Gas e vapori organici con punto di ebollizione superiore a 65°C
B	Grigio	Gas e vapori inorganici (escluso ossido di carbonio)
E	Giallo	Gas acidi
K	Verde	Ammoniaca e derivati organici ammoniacali

Per ogni tipo di filtro antigas esistono tre classi di protezione a seconda della quantità di contaminante che il filtro è in grado di assorbire. La scelta è quindi determinata dalla concentrazione prevista dell'inquinante:

Classe	Capacità	Limite di utilizzo
1	Bassa	1000 ppm
2	Media	5000 ppm
3	Alta	10000 ppm

I filtri combinati (gas e polvere) oltre alla colorazione del o dei gas specifici devono riportare una fascia bianca e la marcatura riporterà tutte le lettere distintive con le relative classi di efficienza.

L'efficienza filtrante di questi dispositivi è sempre del 100%, tuttavia il tipo di maschera influisce sull'efficienza filtrante totale e quindi sulla scelta del dispositivo; a seconda della massima concentrazione esterna si sceglierà il DPI in base alla seguente tabella:

Dispositivo	FNP	Concentrazione esterna max
Semimaschera	10	Fino a 10 x TLV
Pieno facciale	200	Fino a 200 x TLV

### Norme di utilizzo

Per scegliere la protezione adatta è necessario conoscere bene il tipo di inquinante, la sua concentrazione e i suoi valori limite di soglia (TLV-TWA) nonché il livello di pericolosità per gli occhi e per la pelle.

#### Respiratori a filtro

1. Controllare sempre l'integrità del respiratore.
2. Se l'operatore porta barba, baffi o è mal rasato può pregiudicare la tenuta sul viso del respiratore.
3. L'utilizzo di occhiali non appositamente studiati pregiudica l'utilizzo di maschere intere.
4. Mai indossare o togliere il DPI in atmosfera inquinata.

#### Respiratori con filtro antipolvere

5. Più il filtro è efficiente più aumenta la resistenza respiratoria è importante perciò dimensionarlo opportunamente; protezioni eccessive si tradurrebbero in inutile disagio per l'operatore.

6. I filtri si cambiano o secondo le istruzioni del fabbricante o comunque quando si avverte l'aumento della resistenza respiratoria.
7. La tenuta dei facciali degrada con l'andare del tempo vanno quindi sostituiti alla fine del ciclo lavorativo o, se hanno il bordo di tenuta, al massimo ogni tre cicli.
8. Alcuni facciali filtranti si danneggiano se vengono piegati.

#### Respiratori con filtro antigas

9. Se si avverte l'odore della sostanza e la tenuta del facciale è buona, il filtro deve essere immediatamente sostituito.
10. Attenzione ai gas per i quali la soglia olfattiva è superiore a quello che può porre a rischio l'operatore.
11. Alcuni operatori possono non avvertire gli odori ed in questi casi è necessario seguire un severo protocollo d'uso o ricorrere a respiratori isolanti.
12. Se si tratta di una miscela di inquinanti la durata del filtro può diminuire.

Oltre al tipo di contaminante, nella durata del filtro, entrano in gioco umidità, temperatura e flusso respiratorio ed è molto importante rispettare le date di scadenza oltre a quanto previsto dal costruttore in materia di immagazzinamento.

## 8. La segnaletica di sicurezza

La segnaletica svolge un ruolo importante ai fini della sicurezza: un appropriato segnale, infatti, trasmette con immediatezza un messaggio che fornisce un'utile indicazione in merito a divieti, obblighi di comportamento, pericoli, informazioni, ubicazione dei mezzi antincendio e di soccorso, vie di fuga, ecc.

Inoltre, affinché sia garantita la percorribilità in sicurezza dei passaggi, delle uscite e delle vie di esodo, in situazioni di emergenza, la relativa segnaletica deve essere adeguatamente alimentata da una apposita sorgente elettrica, distinta da quella ordinaria (ad esempio, batteria a ricarica automatica), in grado di assicurare un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux.

Il Decreto Legislativo del Governo n° 493 del 14 agosto 1996 "Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro", stabilisce le prescrizioni per la segnaletica di sicurezza e di salute sul luogo di lavoro in tutti i settori di attività privati o pubblici.

In particolare:

- I cartelli devono essere costituiti di materiale il più possibile resistente agli urti, alle intemperie ed alle aggressioni dei fattori ambientali.
- Le dimensioni e le proprietà colorimetriche e fotometriche dei cartelli devono essere tali da garantirne una buona visibilità e comprensione.
- Per le dimensioni si raccomanda di osservare la seguente formula:
  - $A > L^2/2000$ .
  - Dove:
    - A = superficie del cartello in m<sup>2</sup>
    - L = distanza, in metri, alla quale il cartello deve essere ancora riconoscibile.
    - La formula è applicabile fino ad una distanza di circa 50 metri.
- I cartelli vanno sistemati tenendo conto di eventuali ostacoli, ad un'altezza e in una posizione appropriata che li renda facilmente visibili.
- In caso di rischio generico, è sufficiente posizzarli all'ingresso alla zona interessata; nel caso di un rischio specifico o di un oggetto che s'intende segnalare, devono essere posizionati, nelle immediate adiacenze del rischio o dell'oggetto medesimo.
- Il cartello va rimosso quando non sussiste più la situazione che ne giustificava la presenza;
- La segnaletica non deve essere compromessa dalla presenza di altra segnaletica che possa turbarne la visibilità; ciò comporta, in particolare, la necessità di:
  - evitare di disporre un numero eccessivo di cartelli troppo vicini gli uni agli altri;
  - non utilizzare contemporaneamente due segnali che possano confondersi.

In conformità all'All. 1 del D.Lgs. n. 493/1996 devono essere utilizzati colori di sicurezza e di contrasto, nonché i colori del simbolo, riportati nella seguente tabella.

Colore	Forma	Significato o Scopo	Indicazioni e precisazioni
Rosso		Segnali di Divieto	Atteggiamenti Pericolosi
		Pericolo-Allarme	Alt, arresto dispositivi di interruzione di emergenza Sgombero
		Materiali o Attrezzature Antincendio	Identificazione e ubicazione
Giallo o Giallo-Arancione		Segnali di Avvertimento	Attenzione Cautela, Verifica
Azzurro		Segnali di prescrizione	Comportamento o azione specifica - obbligo di portare un mezzo di sicurezza personale
Verde		Segnali di salvataggio o di soccorso	Porte, uscite, percorsi, materiali, postazioni, locali
		Situazione di Sicurezza	Ritorno alla normalità

I cartelli devono avere inoltre le seguenti caratteristiche

Cartello	Significato	Indicazioni e precisazioni
	Cartelli di Divieto	<ul style="list-style-type: none"> <li>forma rotonda;</li> <li>pittogramma nero su fondo bianco; bordo e banda (verso il basso da sinistra a destra lungo il simbolo, con un'inclinazione di 45°) rossi (il rosso deve coprire almeno il 35% della superficie del cartello).</li> </ul>
	Cartelli Antincendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>forma quadrata o rettangolare;</li> <li>pittogramma bianco su fondo rosso.</li> </ul>
	Cartelli di Avvertimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>forma triangolare;</li> <li>pittogramma nero su fondo giallo, bordo nero (il giallo deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).</li> </ul>
	Cartelli di Prescrizione	<ul style="list-style-type: none"> <li>forma rotonda;</li> <li>pittogramma bianco su fondo azzurro (l'azzurro deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).</li> </ul>
	Cartelli di Salvataggio	<ul style="list-style-type: none"> <li>forma quadrata o rettangolare;</li> <li>pittogramma bianco su fondo verde (il verde deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).</li> </ul>

Di seguito sono riportate alcune tipologie di cartelli che possono essere affissi in prossimità dell'accesso ai laboratori dell'Istituto di Ricerche sulla Combustione e del Dipartimento di Ingegneria Chimica ove si svolgono attività a rischio.



## LABORATORIO LASER



**DIVIETO DI ACCESSO  
ALLE PERSONE NON  
AUTORIZZATE**



**RAGGI LASER**



**RADIAZIONI NON  
IONIZZANTI**

## LABORATORIO RADIOISOTOPI



**DIVIETO DI ACCESSO  
ALLE PERSONE NON  
AUTORIZZATE**



**VIETATO FUMARE O  
USARE FIAMME LIBERE**



**RADIAZIONI  
IONIZZANTI**

## LABORATORIO RMN



**DIVIETO DI ACCESSO  
ALLE PERSONE NON  
AUTORIZZATE**



**VIETATO FUMARE O  
USARE FIAMME LIBERE**



**VIETATO L'ACCESSO  
AI PORTATORI  
DI STIMOLATORE  
ELETTRICO CARDIACO  
(PACE-MAKER)**



**CAMPO  
MAGNETICO  
INTENSO**



**RADIAZIONI NON  
IONIZZANTI**

Di seguito sono riportate alcune tipologie di cartelli che possono essere affissi in prossimità dell'accesso ai depositi universitari con presenza di materiali e/o sostanze pericolose.



## 9. Lavorare in sicurezza: pratiche e procedure

### 9.1 Prima di cominciare

Nel momento in cui si entra in un laboratorio per lavorare occorre dapprima familiarizzare con il nuovo ambiente, ed in particolare:

1. Prendere visione delle procedure di emergenza, delle vie di esodo, e del punto di raccolta esterno.
2. Individuare dove sono collocati nel laboratorio, o nelle immediate vicinanze, docce d'emergenza, lavaggi oculari, cassetta di pronto soccorso, telefono con elenco dei numeri utili.
3. Individuare nel laboratorio dove sono riposti il kit di emergenza ed i materiali adsorbenti.
4. Essere informati sui DPI a disposizione del laboratorio e sul loro corretto modo di utilizzo.
5. Essere informati sul corretto metodo di raccolta dei rifiuti in laboratorio e sul loro smaltimento.

### 9.2 Norme di comportamento generali

Lavorare in un laboratorio comporta la possibilità di usare composti infiammabili, tossici o nocivi o di effettuare per errore combinazioni che potrebbero risultare pericolose. E' quindi evidente come siano sempre necessarie molta attenzione e grande senso di responsabilità. Di seguito vengono fornite le norme alle quali tutti coloro che lavorano manipolando prodotti chimici devono sempre attenersi con scrupolo.

1. Nei laboratori è sempre necessaria cura e attenzione, non sono ammessi giochi, scherzi o attività non previste fra cui la preparazione di cibi.
2. Le apparecchiature devono essere utilizzate solo per lo scopo per cui sono state previste.
3. Legare i capelli lunghi, indossare scarpe chiuse, non applicare cosmetici.
4. Non pipettare con la bocca i prodotti chimici, ma utilizzare le apposite attrezzature.
5. Usare sempre dispositivi di protezione individuale (DPI) appropriati per ogni tipo di rischio (camici, guanti adatti per l'agente che si deve manipolare, occhiali di sicurezza, visiere, maschere adatte per l'agente da cui devono proteggere, calzature, etc.) che devono essere utilizzati correttamente e tenuti sempre in buono stato di manutenzione.
6. Non lavorare da soli in laboratorio.
7. Comunicare alle altre persone presenti nel laboratorio la lavorazione che si effettua nel caso in cui essa presenti particolari pericoli.
8. Mantenere ordine e pulizia nel laboratorio. Evitare la presenza eccessiva di apparecchi, strumenti e materiali sui piani di lavoro. Rimuovere prontamente vetreria e attrezzature quando non servono

- più. Provvedere a smaltire appropriatamente tutta la vetreria danneggiata. Evitare la conservazione di prodotti chimici che non servono.
9. Lavarsi sempre le mani e le parti della pelle esposte dopo l'uso di prodotti chimici.
  10. Non introdurre in laboratorio materiali ed oggetti estranei all'attività lavorativa.
  11. Non permettere a persone estranee alla struttura di entrare in laboratorio e mai a bambini ed animali.
  12. Astenersi dal mangiare, bere, e dal detenere alimenti o bevande in laboratorio.
  13. Non fumare.
  14. Non odorare o assaggiare i prodotti chimici.
  15. Riferire sempre prontamente al Responsabile condizioni di non sicurezza o eventuali incidenti, anche se non hanno avuto conseguenze.
  16. Non ostruire i quadri elettrici ed i quadri contenenti i dispositivi di intercettazione e regolazione dei fluidi (gas da bombole, metano, acqua).
  17. Non ostruire le attrezzature antincendio e di soccorso, non ostruire né bloccare le uscite d'emergenza.
  18. Non tenere nelle tasche forbici, provette di vetro o altro materiale tagliente o contundente.
  19. Leggere preventivamente ed attentamente le etichette sui contenitori, con particolare riferimento ai simboli di pericolo, alle frasi di rischio ("frasi R") ed ai consigli di prudenza ("frasi S") su esse riportati.
  20. Leggere preventivamente ed attentamente le schede di sicurezza (SDS) dei prodotti chimici che si intende utilizzare. Tali schede, che devono essere fornite dal venditore dei prodotti, devono essere a disposizione dell'utilizzatore nel laboratorio o in sua prossimità. Per informazioni aggiuntive e più ampie, tenere presente anche la possibilità di consultare banche dati cartacee o informatizzate.
  21. Etichettare sempre ed in modo corretto tutti i contenitori, in modo da poterne riconoscere in ogni momento il contenuto e la sua pericolosità (deve essere presente l'esatto nome chimico del contenuto con i simboli di pericolo, nonché con le frasi di rischio e i consigli di prudenza: "frasi R e S" rispettivamente).
  22. Qualora si intenda riutilizzare un contenitore precedentemente usato con prodotti diversi da quelli che si intende introdurre, bonificarlo accuratamente, rimuovere completamente l'etichetta relativa al vecchio prodotto, ed applicare quella del nuovo.
  23. Mantenere sempre perfettamente chiusi tutti i contenitori con prodotti chimici.
  24. Non abbandonare materiale chimico non identificabile nelle aree di lavoro.
  25. Adottare sempre il criterio di sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non lo è o che è meno pericoloso.
  26. Lavorare su piani di lavoro (banchi e cappe) dotati di bordi di contenimento e di materiali adatti.
  27. Detenere in laboratorio quantità di sostanze infiammabili molto limitate, sufficienti per il lavoro di alcuni giorni, lasciando i quantitativi maggiori negli appositi locali di deposito.
  28. Conservare le sostanze pericolose entro gli appositi armadi di sicurezza adatti al tipo di pericolo (per prodotti pericolosi per la salute i suddetti armadi devono essere muniti di aspirazione anche in

- relazione a tipologia e quantità); all'esterno degli armadi devono essere riportati i simboli di pericolo propri del contenuto ed un elenco delle sostanze ivi riposte.
29. Mantenere adeguatamente separati i prodotti fra loro incompatibili (che potrebbero reagire fra loro).
  30. Tenere un inventario aggiornato di tutte le sostanze chimiche.
  31. Le sostanze infiammabili non devono essere conservate in frigoriferi di tipo domestico e in altri ambienti in cui siano presenti possibili fonti d'innescio quali scintille o punti caldi (ad es. camere fredde con parti elettriche in esecuzione normale). Vanno conservati in frigoriferi appositamente costruiti a sicurezza. Affiggere un avviso sui frigoriferi non idonei, in cui sia scritto: "Non introdurre sostanze infiammabili". Come gli armadi, anche i frigoriferi devono essere contrassegnati all'esterno con i simboli di pericolo propri dei prodotti contenuti.
  32. Trasportare sostanze chimiche e materiali pericolosi in maniera adeguata. Il trasporto di sostanze chimiche pericolose, specie se contenute in recipienti di vetro, deve essere eseguito con precauzione, utilizzando cestelli o carrelli dotati di recipienti di contenimento, atti a ricevere eventuali versamenti di materiale.
  33. Nella manipolazione di sostanze pericolose lavorare sotto cappa accesa (della cui efficienza di aspirazione occorre essere certi a seguito di verifiche periodiche) tenendo il pannello scorrevole frontale abbassato il più possibile. Rimangono esclusi i casi di utilizzo di acidi e basi deboli, frullatori, mulini, solventi alto bollenti, titolatori.
  34. Con le sostanze infiammabili lavorare preferibilmente sotto cappa ed esclusivamente lontano da fonti di calore o fiamme libere.
  35. Evitare in ogni caso per i materiali pericolosi il contatto con la pelle, gli occhi e le mucose.
  36. Verificare sempre se particolari processi lavorativi richiedano l'applicazione di procedure operative specifiche predisposte (ad es. operazioni con apparecchi sotto pressione, o a temperature molto elevate, ecc.).
  37. Non lasciare senza controllo reazioni chimiche in corso: esse dovranno essere interrotte in assenza di personale a meno che non siano state predisposte apposite strutture e procedure.
  38. Non toccare le maniglie delle porte e altri oggetti del laboratorio con i guanti con cui si sono maneggiate sostanze chimiche. E' assolutamente vietato mantenere indossati i guanti fuori dai laboratori.
  39. In caso di incertezza sull'uso delle apparecchiature o sulla corretta manipolazione delle sostanze documentarsi sui relativi manuali e schede di sicurezza o chiedere ragguagli al Responsabile.
  40. Conoscere le posizioni degli equipaggiamenti di sicurezza come i lavaocchi, gli estintori, l'allarme antincendio e i numeri di telefono da chiamare in casi di emergenza.
  41. Utilizzo di gas inerti: tenere presente che i gas inerti possono essere molto pericolosi nel caso che le quantità fuoriuscite (o evaporate) provochino l'abbassamento della concentrazione dell'ossigeno nell'aria sotto il 17%, con rischi per la sopravvivenza.
  42. Le pesate delle polveri di sostanze pericolose devono essere effettuate sotto cappa, oppure preparando sotto cappa i materiali da pesare trasferendoli successivamente su una bilancia

esterna, oppure, se indispensabile, in una zona dedicata adibita all'uso delle bilance in condizioni di calma d'aria; si raccomanda la protezione della zona operativa con carta, allo scopo di raccogliere eventuali residui da eliminare nei modi dovuti. Nel caso di composti molto tossici, cancerogeni o mutageni, oltre ad esser necessario adottare tutte le misure di prevenzione richieste per questi tipi di prodotti, è opportuno effettuare una pesata unica ed aggiustare il volume del solvente per ottenere la concentrazione desiderata.

43. Nessun prodotto chimico deve essere eliminato attraverso il sistema fognario.

44. Pulire immediatamente i versamenti accidentali; se il quantitativo e/o la natura del prodotto versato lo richiedono, si faccia prontamente ricorso agli appositi materiali assorbenti di cui il laboratorio dovrebbe essere dotato.

### 9.3 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti infiammabili

Vengono definite sostanze infiammabili o combustibili quelle sostanze che in condizioni standard possono sviluppare vapori sufficienti per causare un incendio in presenza di una fonte di innesco. I vapori invisibili di queste sostanze possono raggiungere anche sorgenti di innesco lontane e causare fiamme di ritorno. L'incendio può essere causato anche da reazioni tra infiammabili e ossidanti. Le seguenti precauzioni devono essere osservate maneggiando queste sostanze:

1. Eliminare le sorgenti di innesco quali fiamme libere, materiale fumante, superfici calde, scintille da saldatura o da taglio, operazioni con apparecchiature elettriche, elettricità statica dalle zone in cui infiammabili o combustibili sono usati o immagazzinati.
2. Minimizzare le quantità di questi materiali nelle aree di lavoro. Effettuare lo stoccaggio in contenitori approvati per gli infiammabili, in armadi appositi o in particolari aree designate, comunque sempre lontano da sostanze ossidanti.
3. I liquidi infiammabili conservati in contenitori di vetro non dovrebbero superare 1 litro, a meno che non occorra proteggerli da contaminazioni, in questo caso sono permesse quantità di 4 litri. Se possibile è bene conservarli in recipienti in plastica, in metallo o in recipienti di sicurezza.
4. I frigoriferi e i congelatori usati per lo stoccaggio di infiammabili o combustibili devono essere a prova di esplosione.
5. Aprire i contenitori ed effettuare i travasi solo sotto cappa chimica in modo da controllare l'accumulo di vapori infiammabili.
6. Assicurarsi che le aree in cui vengono usati o conservati liquidi infiammabili o combustibili siano dotate di estintori o dispositivi di spegnimento automatico.
7. ricordarsi che i vapori di liquidi infiammabili sono più pesanti dell'aria e si stratificano verso il basso.



Nel caso di solidi infiammabili fra cui metalli alcalini, magnesio, idruri, alcuni composti organometallici e zolfo, occorre ricordarsi che:

8. Se un solido infiammabile e reattivo con l'acqua viene a contatto con la pelle occorre allontanarlo per quanto possibile e poi lavarsi con molta acqua.
9. Procurarsi un estintore di classe D, adeguato a spegnere le fiamme generate da metalli reattivi.

Alcuni catalizzatori idrogenati, fra cui palladio, ossido di platino, nichel raney se ricoperti per idrogenazione possono risultare saturati da idrogeno e quindi essere potenzialmente infiammabili o esplosivi, ricordarsi quindi di:

10. Filtrare con cautela il catalizzatore.
11. Non permettere al filtrato di seccarsi.
12. Se possibile eseguire le operazioni in atmosfera inerte.

#### **9.4 Pratiche e procedure nell'utilizzo di prodotti corrosivi**

Nei laboratori chimici vengono normalmente impiegati numerosi prodotti corrosivi, che possono produrre gravi ustioni per contatto con gli occhi e la pelle, per inalazione sul tratto respiratorio e per ingestione sul tratto gastroenterico.

Sono liquidi corrosivi gli acidi minerali, le soluzioni alcaline e alcuni ossidanti, i loro effetti sui tessuti generalmente si manifestano molto rapidamente. Il bromo, l'idrossido di sodio, l'acido solforico e il perossido di idrogeno sono esempi di liquidi fortemente corrosivi. Se si maneggiano questi prodotti occorre prendere le seguenti precauzioni:

1. Indossare sempre guanti e occhiali di protezione. Uno schermo facciale, scarpe di gomma e grembiule di gomma possono essere appropriati in relazione al tipo di lavoro da eseguire.
2. Aggiungere sempre l'acido all'acqua (mai il contrario) per evitare una reazione violenta e la formazione di fumi o schizzi.
3. I liquidi corrosivi dovrebbero essere stoccati ad una altezza inferiore al livello degli occhi.
4. Verificare che nelle immediate vicinanze sia disponibile un kit per il controllo del versamento di acidi o basi.
5. Assicurarsi che un lavaocchi e una doccia di sicurezza siano prontamente accessibili nell'area dove i prodotti corrosivi sono usati o stoccati. Nel caso di contatto della sostanza corrosiva con occhi o pelle lavare immediatamente con acqua fredda per 15 minuti. Rimuovere tutti i vestiti contaminati e cercare un aiuto medico immediato.

I vapori e i gas corrosivi possono esplicare la loro azione su tutto il corpo ed in modo che dipende dalla solubilità del composto chimico nei fluidi corporei. Gas altamente solubili, come ammoniaca e acido cloridrico causano forte irritazione al naso e alla gola, mentre sostanze di minor solubilità come biossido di azoto, fosgene, biossido di zolfo, possono penetrare profondamente nei polmoni. Se si maneggiano questi prodotti occorre prendere le seguenti precauzioni:

6. Manipolare questi prodotti solo sotto cappa chimica.

7. Proteggere tutta la pelle esposta.
8. Chiudere sempre le valvole ed il regolatore di flusso quando le bombole non sono in uso.
9. Se il gas viene gorgogliato in un liquido predisporre sempre delle trappole per evitare emissioni pericolose.

I solidi corrosivi, come idrossido di sodio e fenolo, possono causare ustioni nel contatto con la pelle o più raramente nel tratto respiratorio se inalate come polveri aereodisperse. Molti di questi solidi fra cui gli idrossidi alcalini sviluppano una notevole quantità di calore se dissolti in acqua. Se si maneggiano questi prodotti occorre prendere le seguenti precauzioni:

10. Indossare sempre guanti e occhiali di sicurezza.
11. Addizionarli all'acqua lentamente e sempre sotto agitazione, raffreddando se necessario.
12. Se è possibile generare polvere condurre le operazioni sotto cappa chimica.

## **9.5 Pratiche e procedure nell'uso di prodotti cancerogeni e mutageni**

### **Sostituzione dell'agente cancerogeno e mutageno**

Prima di iniziare a lavorare con un agente cancerogeno o mutageno si deve effettuare un tentativo di sostituire tale prodotto con un altro che cancerogeno non è. Questa attività implica un lavoro di studio e di ricerca non indifferente, in quanto richiede capacità, tempo, prove, sperimentazioni ed indagini con la possibilità non del tutto infrequente di concludere che il prodotto cancerogeno non è attualmente sostituibile. Qualora la sostituzione di un prodotto cancerogeno e/o mutageno non sia possibile, le ricerche potranno spostarsi verso composti anche con tossicità equivalente ma più difficilmente captabili dal nostro organismo (polveri con maggior diametro, solventi con minore tensione di vapore, ecc.). oppure si dovrà cercare di sostituire la sua forma di aggregazione, per esempio un composto in polvere con la sua soluzione acquosa a titolo noto. Gli sforzi fatti in merito devono essere dichiarati e documentabili.

### **Scelta del ciclo chiuso e di tecnologie produttive alternative**

Se non è possibile sostituire l'agente cancerogeno o mutageno, si deve provvedere affinché l'utilizzazione dell'agente stesso avvenga in un sistema chiuso, sempre che ciò sia tecnicamente possibile. Per sistema chiuso s'intende una lavorazione che si svolga interamente in apparecchiature (reattori, serbatoi, tubazioni, ecc.) atte ad impedire, nelle normali condizioni di servizio e stato d'uso, qualsiasi diffusione all'esterno di un agente a rischio. In tal caso la sola causa possibile di esposizione dei lavoratori è costituita dalla fuoriuscita accidentale o dalle operazioni elementari che comportano la temporanea sospensione delle segregazioni del circuito. Al fine della riduzione del rischio dell'esposizione accidentale anche i sistemi a circuito chiuso devono essere realizzati sotto cappa. Gli impianti di reazione dovranno quindi garantire non solo il ciclo chiuso del processo ma anche i dispositivi di cattura dei prodotti cancerogeni prima della disattivazione del ciclo chiuso.

## **Conservazione dei prodotti**

I prodotti cancerogeni e mutageni devono essere conservati in luoghi dedicati ed adeguatamente compartimentati, a temperatura ambiente (salvo diverse indicazioni specifiche), in appositi armadi di sicurezza, separati per incompatibilità chimica, chiusi a chiave ed adeguatamente segnalati. I composti cancerogeni che devono essere conservati a bassa temperatura dovranno avere un frigorifero dedicato e, se infiammabili, con caratteristiche antideflagranti; il tutto in appositi locali e corredato delle indicazioni e della necessaria segnaletica di sicurezza. La corretta conservazione di questi prodotti garantisce da esposizioni causate da inquinamento ambientale e da eventi incidentali.

## **Registrazioni**

Tutti i prodotti cancerogeni e mutageni acquistati devono essere registrati con modalità tali da consentire il carico del prodotto in arrivo e lo scarico del prodotto esaurito. Per ogni prodotto saranno indicati:

- nome del prodotto;
- numero EINECS e numero CAS;
- simbolo di pericolo;
- frasi di rischio;
- consigli di prudenza;
- istruzioni per la conservazione;
- informazioni per la sicurezza;
- il lotto;
- il tipo;
- il codice;
- il numero del certificato se presente;
- la scadenza;
- la collocazione;
- la quantità caricata o scaricata;
- l'unità di misura;
- la ditta fornitrice;
- la data di carico o scarico;
- la rimanenza;
- il nome dell'esecutore dell'ultimo aggiornamento;
- eventuali note.

## **Massima riduzione possibile del numero dei lavoratori esposti o che possono essere esposti**

Considerata l'elevata pericolosità delle sostanze in oggetto, cautele e procedure non devono garantire solo il personale che manipola e che opera con tali sostanze ma tutti i componenti del laboratorio che

potrebbero diventare soggetti passivamente esposti. Le operazioni con detti prodotti devono essere realizzate in locali appositamente destinati, compartimentati e riservati al solo personale addetto: ridurre il numero di soggetti anche solo potenzialmente esposti garantisce una effettiva azione di prevenzione.

### **Misure igieniche**

Nell'area dove esiste il rischio di esposizione agli agenti cancerogeni deve essere proibito fumare, bere e mangiare. Misure igieniche, quali la pulizia quotidiana dei banchi e delle cappe, e periodica degli arredi, degli armadi, dei pavimenti, dei muri e delle altre superfici, sono assolutamente necessarie per evitare inquinamenti ambientali. Pareti piastrellate, pendenze dei pavimenti, bocchette e vasche stagne per la raccolta delle acque rappresentano soluzioni tecniche valide sia per i servizi che per i laboratori. Nei laboratori ove vi sono soggetti esposti si deve disporre di servizi igienici adeguati ed appropriati preferibilmente di tipo "bianco-nero" (con una zona "sporca" separata da una "pulita"), con doppio spogliatoio, doccia di decontaminazione ed armadi dove riporre gli idonei indumenti protettivi separati dagli abiti civili.

### **Ventilazione generale**

Consiste nel sostituire l'aria interna di un locale con aria proveniente dall'esterno; non evita che l'inquinante venga respirato dal lavoratore posto vicino alla sorgente ma riduce per diluizione la sua concentrazione. La ventilazione generale deve sempre essere presente nei luoghi di lavoro dove si utilizzano sostanze cancerogene e/o mutagene. Il ricircolo dell'aria, cioè la captazione e la reimmissione nell'ambiente confinato di aria all'origine inquinata previo trattamento di depurazione, non è mai ammesso quando nell'aria inquinata sono presenti sostanze cancerogene e/o mutagene per le quali non sono configurabili livelli di soglia.

### **Aspirazione localizzata**

Tutte le operazioni con prodotti cancerogeni e mutageni devono avvenire sotto cappa: è quindi fondamentale che le cappe siano di livello di sicurezza adeguato ed in grado di funzionare con efficacia ed efficienza. Sono da preferirsi cappe con motori che lavorano in aspirazione, con regolatori automatici della velocità dell'aria, non centralizzate, in grado di verificare la velocità dell'aria mediante monitoraggio in continuo con allarme in caso di caduta di velocità, dotate di pulsante di emergenza in grado di mandare il motore al massimo dei giri in caso di incidente, dotate di abbattimento degli inquinanti. La verifica periodica dell'efficienza delle cappe ed una regolare manutenzione assicurano una misura di protezione fondamentale in un laboratorio.

### **Dispositivi di protezione individuale**

Non esistono DPI specificatamente concepiti per essere utilizzati contro sostanze cancerogene o mutagene in quanto tali. In relazione alla scelta del DPI l'inquinante, anche se cancerogeno, va

semplicemente considerato come un inquinante chimico del quale è importante conoscere la forma fisica (aerosol solido o liquido oppure aeriforme) e le possibili vie di assorbimento dell'organismo umano.

## **Il Registro degli esposti**

L'utilizzo e la detenzione di un prodotto cancerogeno devono essere opportunamente registrate. Per quanto riguarda l'utilizzo occorrerà indicare la tipologia della sostanza, le modalità di uso, la persona che esegue l'operazione, la frequenza o la durata di tale operazione.

## **Misure comportamentali**

Oltre alle regole generali di comportamento da tenere in un laboratorio chimico nel caso di uso di prodotti cancerogeni e mutageni occorrerà:

1. Seguire scrupolosamente le norme igieniche fra cui lavarsi spesso le mani, non mangiare e non bere in laboratorio.
2. Se il laboratorio è dedicato all'uso di sostanze cancerogene utilizzare un camice apposito e lasciarlo nel laboratorio.
3. Confinare il più possibile le sostanze cancerogene indicandone chiaramente la collocazione.
4. Utilizzare due paia di guanti contemporaneamente.
5. Decontaminare spesso superfici e banchi di lavoro.
6. Eseguire sempre le registrazioni sul registro degli esposti.
7. Dovranno essere segnalati al responsabile di laboratorio e trascritti nel quaderno di laboratorio tutti gli incidenti (anche quelli che non hanno comportato infortuni e risolti senza danni) evidenziando cause ed interventi di emergenza.

## **9.6 Pratiche e procedure nell'uso di prodotti perossidabili**

Si dicono prodotti chimici perossidabili quei composti che in genere, per esposizione all'aria e alla luce, provocano la formazione di pericolosi perossidi che possono detonare con estrema violenza soprattutto se concentrati per evaporazione e distillazione, se combinati con altri composti o se scaldati, urtati, agitati. I perossidi possono formarsi anche in contenitori non ancora aperti se il composto perossidabile è stato confezionato in aria, in genere però la formazione dei perossidi è accelerata nei contenitori aperti e parzialmente vuoti. Il raffreddamento non previene la formazione dei perossidi e l'aggiunta di stabilizzatori ne ritarderà solo la formazione ma non la eviterà. Fra i composti perossidabili più comuni ricordiamo:

- Aldeidi
- Eteri, in particolare eteri ciclici
- Alcoli primari e secondari
- Composti contenenti un atomo di idrogeno benzilico (soprattutto se l'idrogeno è su di un atomo di carbonio terziario)

- Composti allilici
- Composti vinilici o vinilidenici

A volte la formazione di perossidi può essere evidenziata anche da una semplice ispezione visiva, indicatori possono essere la formazione di cristalli e cambiamenti nella viscosità delle soluzioni; esistono comunque dei metodi chimici o dei kit già pronti per una analisi qualitativa o quantitativa della loro presenza. Se si lavora con prodotti perossidabili occorre prendere le seguenti precauzioni:

1. Identificare tutti i prodotti che possono formare perossidi o in altro modo deteriorarsi e diventare più pericolosi con il tempo e con l'esposizione all'aria.
2. Leggere attentamente la scheda di sicurezza del prodotto e documentarsi sulle sue proprietà e caratteristiche.
3. Indicare sui contenitori la data di ricevimento, la data di apertura e la data consigliata per lo smaltimento.
4. Minimizzare la formazione di perossidi stoccando i prodotti in un luogo asciutto, fresco e al buio.
5. Non stoccare gli eteri ad una temperatura inferiore a quella in cui precipitano i perossidi.
6. Ordinare solo le quantità necessarie in piccoli contenitori (< 1L) in modo tale da assicurarne il loro utilizzo entro la data di scadenza.
7. Controllare visivamente l'eventuale formazioni di perossidi prima di ogni utilizzo.
8. Non distillare o evaporare eteri senza aver fatto il test che dà una misura qualitativa dei perossidi in soluzione.
9. Pulire i versamenti immediatamente assorbendoli con vermiculite o altro materiale adsorbente.
10. Indossare sempre occhiali di sicurezza e schermo facciale resistenti all'impatto.
11. Non utilizzare soluzioni di composti perossidabili in solvente volatile nelle condizioni in cui il solvente può evaporare, poiché ciò porta ad un aumento della concentrazione dei perossidi stessi.
12. Con composti perossidabili non usare spatole in metallo o barrette magnetiche perché i metalli possono innescare una decomposizione esplosiva. Preferire quindi spatole in legno, teflon o ceramica e agitatori a paletta in teflon.
13. Preferire contenitori in polietilene piuttosto che in vetro.
14. Non conservare gli eteri nei comuni frigoriferi o freezer. Il flash point della maggior parte degli eteri è ben al di sotto della temperatura operativa della maggior parte dei frigoriferi ed i vapori sono più pesanti dell'aria.

Di seguito vengono riportati esempi di prodotti perossidabili, l'elenco non è esaustivo.

Formazione di perossidi per stoccaggio	Formazione di perossidi per concentrazione	Formazione di perossidi per polimerizzazione
Butadiene Cloroprene Divinil acetilene Isopropil etere Potassio amide Potassio metallico Sodio amide Tetrafluoroetilene	Acetaldeide Benzil alcol Cumene Clorofluoroetilene Cicloesene Ciclopentene Diciclopentadiene Diossano Etiletere Furano 4-eptanolo 2-esanolo 2-pentanolo Tetraidrofurano	Butadiene Clorobutadiene Cloroprene Stirene Vinilacetato Vinilacetilene Vinilcloruro
<i>Scaricare dopo sei mesi</i>	<i>Scaricare dopo 1 anno</i>	<i>Scaricare dopo 1 anno</i>

#### Test per la determinazione della presenza di perossidi

Preparare il reagente aggiungendo 100 mg di NaI o KI (cristalli) a 1.0 mL di acido acetico glaciale. Aggiungere 0.5-1.0 mL di prodotto da testare ad una uguale quantità di reagente (in genere aggiungere 1 mL di prodotto ad 1 mL di reagente).

Osservare la colorazione che si forma.

Giallo                      concentrazione di perossidi bassa < 0.1%

Marrone                    alta concentrazione di perossidi

Si dovrebbe eseguire anche un bianco utilizzando un prodotto non perossidabile come per esempio il n-esano.

#### Determinazione della presenza di perossidi

Se vi è il sospetto della presenza di perossidi in un prodotto, per esempio per la osservazione di cristalli attorno al tappo o nella soluzione non aprire il contenitore, maneggiarlo con estrema cautela ed avviarlo allo smaltimento. Solo se non vi è il sospetto di presenza di perossidi ma il composto è perossidabile si può eseguire il seguente test qualitativo.

Esistono anche strip in commercio che evidenziano la presenza di perossidi.

#### Rimozione dei perossidi

Esistono due metodi per la rimozione dei perossidi:

### Metodo 1

Passare il solvente attraverso una piccola colonna di allumina attivata.

L'allumina catalizza la decomposizione della maggior parte dei perossidi ma è possibile che alcuni siano trattenuti dalla colonna. L'allumina dovrà quindi essere smaltita come infiammabile.

### Metodo 2

Preparare una soluzione riducente composta da 60 g FeSO<sub>4</sub>, 6 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc., 110 mL di acqua. Agitare il solvente con la soluzione riducente.

Dopo la rimozione dei perossidi eseguire di nuovo i test per la loro determinazione in modo da assicurarsi che la rimozione sia stata efficiente.

## **9.7 Lo stoccaggio dei prodotti chimici**

Il lavoro in un laboratorio si caratterizza per la manipolazione e lo stoccaggio di un grande numero di prodotti chimici molto diversi tra di loro (sostanze e preparati). Tutte le categorie di pericolo sono in genere rappresentate. I volumi sono normalmente compresi tra qualche millilitro e qualche decina di litri, la maggior parte intorno a qualche litro. La diversità dei contenitori sia per forma (bidone, bottiglia, ampolla,..) che per materiale (vetro, plastica, metallo, cartone, carta...) complica ulteriormente la situazione.

### **I rischi principali**

I principali rischi che si possono generare dallo stoccaggio di prodotti chimici di laboratorio sono i seguenti:

#### Rischio di incendio o di esplosione

La presenza in un edificio di zone o armadi in cui siano depositati prodotti chimici può rendere più pericoloso e più difficile da governare un eventuale incendio che si generasse nell'edificio stesso senza tener conto che può esso stesso essere causa dell'insorgenza dell'incendio.

#### Rischio di caduta o di rovesciamento dei contenitori

Questi incidenti possono accadere a causa di un ingombro eccessivo, di un accatastamento azzardato, di una non corretta disposizione dei prodotti o ancora per caduta e per rottura dei supporti. Essi possono causare contusioni, ustioni chimiche, intossicazioni o rendere l'atmosfera del locale infiammabile o esplosiva.

#### Infragilimento dei contenitori

Procedure di stoccaggio non adeguate possono causare un infragilimento dei contenitori e portare a rotture accidentali. I materiali stessi dei contenitori sono suscettibili di degradazione:

- per effetto del freddo (perdita di elasticità e di resistenza meccanica, rottura di un recipiente di vetro contenente una soluzione acquosa);
- per effetto del calore (deformazione plastica, aumento del potere solvente del prodotto contenuto);
- per effetto della luce (UV) (infragilimento della plastica);

- per effetto dell'atmosfera del locale di stoccaggio (corrosione dei metalli, infragilimento per assorbimento di vapori);
- per effetto di una sovrappressione (rottura del contenitore).

#### Aumento dei pericoli presentati dai prodotti

Uno stoccaggio non adatto alle caratteristiche di un prodotto può indurre una modifica o una degradazione del prodotto stesso che può renderlo più pericoloso sia per lo stoccaggio che per un successivo utilizzo. Certi prodotti temono:

- l'umidità (prodotti igroscopici, idrolizzabili, che sviluppano gas infiammabili come i metalli alcalini e i loro idruri);
- il calore (prodotti sublimabili, perossidabili, polimerizzabili);
- il freddo (prodotti cristallizzabili, gelificabili, emulsionabili);
- la luce (Prodotti per ossidabili, polimerizzabili,...);
- il contatto con l'ossigeno dell'aria (prodotti ossidabili, perossidabili, polveri metalliche, ...).

Anche una durata eccessiva dello stoccaggio può provocare una degradazione o una trasformazione del prodotto, portando una differenza significativa tra il contenuto e l'etichetta del contenitore.

Uno stoccaggio corretto non può prescindere dall'incompatibilità chimica delle sostanze, il contatto accidentale tra due sostanze chimicamente incompatibili può portare a incendi, esplosioni, reazioni fortemente esotermiche ecc. Di seguito è riportata una tabella illustrante le incompatibilità chimiche tra i prodotti di più largo uso nei laboratori.

<b>Prodotti chimici incompatibili</b>	
Acetilene	con rame (tubazioni), alogeni, argento, mercurio e loro composti
Acetone	con miscele concentrate di acido solforico e nitrico
Acido acetico	con acido cromico, acido nitrico, composti contenenti idrossili, glicole etilenico, acido perclorico, perossidi e permanganati
Acido cromico	con acido acetico, naftalene, canfora, alcool, glicerolo, trementina e altri liquidi infiammabili
Acido nitrico	con acido acetico, cromico e cianogeno, anilina, carbonio. Idrogeno solforato, fluidi, gas e sostanze che vengono prontamente nitrate
Acido ossalico	con argento e mercurio
Acido perclorico	con anidride acetica, bismuto e le sue leghe, alcool, carta, legno e altre sostanze organiche
Acido solforico	con clorati, perclorati, permanganati e acqua
Ammoniaca anidra	con mercurio, alogeni, ipoclorito di calcio e fluoruro di idrogeno
Anilina	con acido nitrico e perossido di idrogeno
Argento	con acetilene, acido ossalico, acido tartarico e composti ammoniacali
Biossido di cloro	con ammoniaca, metano, fosfina, idrogeno solforato
Bromo	con ammoniaca, acetilene, butadiene, butano, idrogeno, carburo di sodio, trementina e metalli finemente polverizzati
Carbonio attivato con ipoclorito di	con tutti gli agenti ossidanti

calcio	
Cianuri	con acidi e alcali
Clorati	con sali di ammonio, acidi, polveri metalliche, zolfo, composti organici o infiammabili finemente polverizzati e carbonio
Cloro	con ammoniaca, acetilene, butadiene, benzina e altri derivati del petrolio, idrogeno, carburo di sodio, trementina e metalli finemente polverizzati
Diossido di cloro	con ammoniaca, metano, fosfina idrogeno solforato
Idrocarburi in generale	con fluoro, cloro, acido formico, acido cromico, perossido di sodio
Idrogeno solforato	con vapori di acido nitrico e gas ossidanti
Iodio	con acetilene e ammoniaca
Liquidi infiammabili	con nitrato di ammonio, acido cromico, perossido di idrogeno, acido nitrico, perossido di sodio e alogeni
Mercurio	con acetilene, acido fulminico, idrogeno
Metalli alcalini (es. calcio, potassio e sodio)	con acqua, anidride carbonica, tetracloruro di carbonio e altri idrocarburi clorati
Nitrato di ammonio	con acidi, polveri metalliche, liquidi infiammabili, clorati, nitrati, zolfo e sostanze organiche finemente polverizzate o composti infiammabili
Ossigeno	con olii, grassi, idrogenati, e liquidi, solidi e gas infiammabili
Pentossido di fosforo	con l'acqua
Permanganato di potassio	con glicerolo, glicole etilenico, benzaldeide, e acido solforico
Perossido di idrogeno	con cromo, rame, ferro, la maggior parte degli altri metalli e i loro sali, liquidi infiammabili e altri prodotti combustibili, anilina e nitro metano
Perossido di sodio	con qualsiasi sostanza ossidabile come metanolo, acido acetico glaciale, anidride acetica, benzaldeide, disolfuro di carbonio, glicerolo, acetato di etile e furfurale
Rame	con acetilene, azide e perossido di idrogeno
Sodio	con tetracloruro di carbonio, diossido di carbonio e acqua
Sodio azide	con piombo, rame e altri metalli. Questo composto è comunemente usato come conservante, ma forma composti instabili ed esplosivi con i metalli. Se eliminato attraverso gli scarichi dei lavandini, i sifoni e i tubi potrebbero esplodere quando ci stia lavorando un idraulico

Diversi schemi di stoccaggio sono stati proposti e sono utilizzati nei laboratori. Il principio comune a tutti questi è la separazione dei materiali incompatibili chimicamente mentre le differenze risiedono essenzialmente nel numero dei gruppi che devono essere segregati. I dieci gruppi più comunemente citati sono: infiammabili, ossidanti, acidi concentrati, basi concentrate, reattivi con l'acqua, estremamente tossici, composti che generano perossidi, composti piroforici e gas compressi. I primi cinque gruppi sono separati per evitare un contatto accidentale che porterebbe, per la reattività dei prodotti, a reazioni violente o esplosive. I composti chimici reattivi con l'acqua sono isolati per ridurre

la probabilità di un contatto accidentale con essa in caso di incendio. I composti estremamente tossici o cancerogeni sono segregati per avere un maggior controllo sulla loro distribuzione e per ridurre la possibilità di un versamento accidentale. I composti perossidabili devono essere conservati in luoghi freschi e al riparo dalla luce, mentre per i piroforici bisogna evitare anche il contatto con l'aria.

### Segregazione basata sulla incompatibilità

Non c'è unanime consenso su quali e quante classi di prodotti chimici debbano essere segregate considerando le loro incompatibilità chimiche. Lo schema più elaborato di stoccaggio prevede la segregazione in 23/24 gruppi esso è riportato in Allegato 5.

Tale livello di segregazione è chiaramente complesso e di difficile applicazione nei laboratori di ricerca, il che porta poi gli utilizzatori a tornare ad un gestione casuale del deposito. Una segregazione più semplice deve perlomeno rispettare una separazione di classi di pericolo quali: infiammabili, corrosivi, altamente reattivi con l'acqua o con l'aria, e tossici, seguendo quelle che sono le indicazioni date dalla scheda di sicurezza, secondo lo schema seguente:

Reagenti solidi	Liquidi	Gas compressi
Sali ossidanti	Acidi minerali	Tossici
Solidi infiammabili	Acidi organici	Infiammabili
Solidi reattivi con l'acqua	Basi	Ossidanti e inerti
Tutti gli altri solidi	Ossidanti	
	Perclorati	
	Infiammabili	
	Tutti gli altri liquidi	

Un altro problema nello sviluppo di questo sistema è che la maggior parte dei prodotti chimici può rientrare in diverse classi di pericolo, la decisione sulla collocazione più appropriata deve essere fatta per ciascun prodotto chimico avendo prima determinato le proprie priorità. Per esempio ci si può concentrare dapprima sulla infiammabilità del composto, se il composto è infiammabile deve essere stoccato nel deposito o armadio appropriato. Se il composto è un ossidante e può contribuire significativamente alla propagazione dell'incendio deve essere isolato dai composti infiammabili. Particolare attenzione bisogna porre allo stoccaggio delle sostanze regolamentate (cancerogeni, mutageni, esplosivi, farmaci).

### Raccomandazioni per lo stoccaggio di prodotti chimici

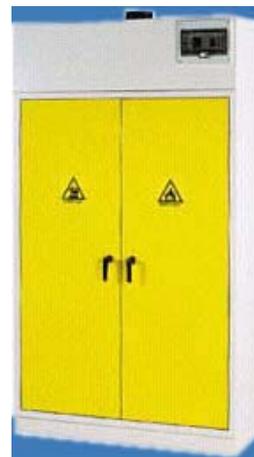
Oltre alla segregazione dei composti chimici incompatibili, per uno stoccaggio in sicurezza, devono essere rispettate alcune regole e raccomandazioni:

1. I composti chimici devono essere depositati a temperatura e umidità appropriate. Come regola generale non devono essere depositati vicino ad una fonte di calore, ad un generatore di vapore o sotto i raggi diretti del sole.

2. Tutti i prodotti devono essere correttamente etichettati. Sul prodotto chimico deve essere indicata la data di ricevimento e quella di apertura. Nel caso che il prodotto si degradi con il tempo occorre indicare anche la data di scadenza.
3. Devono essere condotte periodicamente delle ispezioni visive che pongano particolare attenzione all'osservazione di:
  - o cambiamenti di colore,
  - o comparsa di liquidi in solidi o di solidi in liquidi
  - o deterioramento del contenitore o della sua chiusura.
4. Sui banconi di laboratorio devono essere posti solo i prodotti di consumo giornaliero.
5. I ripiani devono essere dotati di bordo di contenimento e mai fissati al di sopra del livello degli occhi.
6. I contenitori di vetro non dovrebbero toccarsi gli uni con gli altri.
7. I palloni devono essere sempre sostenuti dagli anelli appositi.
8. Non bisogna mettere i prodotti sul pavimento anche se solo temporaneamente.
9. I liquidi infiammabili dovrebbero essere stoccati in bidoni di sicurezza quando la quantità supera i 4 litri.
10. La quantità in un laboratorio di liquidi infiammabili deve essere ridotta allo stretto indispensabile per l'attività di ricerca e comunque non superare mai i 10 litri in tal caso essi devono essere posti in un armadio di sicurezza antifiamma.
11. Usare solo frigoriferi a prova di esplosione e freezers adatti allo stoccaggio di infiammabili.
12. Occorre smaltire tutti i prodotti chimici che possono generare perossidi rispettando le scadenze indicate.
13. I liquidi corrosivi o altamente reattivi devono essere conservati all'interno di bacinelle di contenimento.
14. Le bombole di gas compresso devono essere assicurate lontano da fonti di calore.

### **Armadi di sicurezza per sostanze infiammabili**

Gli armadi di sicurezza antifiamma richiedono alcune attenzioni da parte dell'utilizzatore per garantire nel tempo le proprie caratteristiche. Per prima cosa occorre maneggiarlo con cautela per evitare torsioni della struttura che potrebbero rendere difficoltoso il corretto funzionamento delle porte al momento opportuno. Nella fase di trasporto l'armadio non deve mai essere afferrato per le porte, ma trasportato solo dai lati e sempre in posizione verticale. Per una corretta installazione, dovrà essere scelto il luogo più indicato all'interno del laboratorio considerando con attenzione, dato il loro peso, la portata del solaio, è poi fondamentale la messa in bolla per il buon funzionamento delle porte.



Un aspetto spesso trascurato è la canalizzazione all'esterno dei vapori (UNI EN 14470-1). L'armadio di sicurezza infatti, oltre a proteggere per un tempo determinato i prodotti contenuti dall'attacco del

fuoco, assicura la costante diluizione e l'eliminazione dei vapori prodotti dai contenitori posti al suo interno. Il canale di espulsione deve essere di dimensioni adeguate e mantenuto costantemente in depressione mediante un elettroventilatore installato a valle del condotto.

Per un buon funzionamento dell'armadio antifiamma occorre adottare alcuni accorgimenti:

- La vasca posta sul fondo dell'armadio ha lo scopo di contenere eventuali versamenti non deve essere quindi utilizzata per lo stoccaggio di materiale. Controllare periodicamente che non ci siano oggetti o sostanze chimiche poste al suo interno.
- Verificare che non ci siano contenitori in prossimità dei leveraggi delle ante a chiusura automatica (armadi con anta normalmente aperta) e che non siano stati inseriti cunei per mantenere aperta l'anta durante l'utilizzo (armadi con anta normalmente chiusa): in caso di incendio la chiusura dell'anta deve essere perfetta.
- Controllare periodicamente l'integrità del fusibile delle valvole di chiusura dei condotti di ventilazione.
- Controllare periodicamente o almeno mensilmente la corretta chiusura degli sportelli, il corretto funzionamento dell'impianto di aspirazione, l'integrità delle guarnizioni termoespandenti poste sul perimetro dell'apertura o sulle ante.

### **Frigoriferi, freezer, camere fredde**

Lo stoccaggio nei frigoriferi, nei freezer o nelle camere fredde deve essere riservato ai prodotti che esigono una temperatura inferiore di quella ambiente. Tale stoccaggio presenta tre rischi principali:

- rischio di incendio e/o esplosione;
- rischio di intossicazione per inalazione;
- rischio di anossia (camera fredda).

Per esempio un riscaldamento accidentale, dovuto ad una mancanza di corrente elettrica o ad un guasto dell'apparecchio, può causare l'inizio di una reazione pericolosa (certi perossidi industriali, utilizzati per esempio come iniziatori di reazioni radicaliche, sono instabili a temperatura ambiente) o la formazione di un'atmosfera esplosiva o tossica per evaporazione dei prodotti contenuti.

Tali rischi possono essere ridotti applicando le seguenti disposizioni:

1. I prodotti devono essere posti in recipienti opportunamente chiusi ed in grado di contenere una sovrappressione moderata.
2. I recipienti devono essere collocati in posizioni stabili.
3. L'apparecchio può essere dotato di dispositivi esterni di controllo della temperatura e di allarme.
4. La corrente elettrica può anche essere assicurata con un gruppo elettrogeno o una linea autonoma.
5. E' bene prevedere apparecchi di riserva.
6. Si può anche organizzare una tele-sorveglianza nei periodi di vacanza o nei fine settimana.

## **9.8 Il trasporto dei prodotti chimici**

Il versamento di prodotti chimici avviene spesso durante il trasporto o la loro movimentazione all'interno del laboratorio. Per evitare questo tipo di incidente:

1. Trasportare bottiglie di vetro, soprattutto con una capacità > 250 mL, in contenitori secondari per il trasporto. Essi sono in genere in plastica o in metallo, dotati di maniglie ed in alcuni casi di chiusura ermetica ed hanno una capacità tale da contenere l'intera eventuale fuoriuscita.
2. Spostandosi all'interno del laboratorio porre attenzione ai movimenti degli altri occupanti e se il percorso è affollato avvisare del proprio passaggio.
3. Se si cade trasportando un prodotto pericoloso cercare di gettarlo lontano da se stessi o da altri presenti.
4. Se possibile trasportare i prodotti nel loro imballaggio originario.
5. Conoscere le proprietà del prodotto che si sta trasportando e quindi le procedure di emergenza più idonee in caso di incidente.
6. Non utilizzare ascensori aperti al pubblico.

## 9.9 Lo scale-up delle reazioni chimiche

Eseguire lo scale-up di una reazione chimica significa passare da produrre pochi milligrammi o grammi di prodotto a produrne più di 100 g. Se le procedure e i controlli applicabili nei due casi sono sostanzialmente gli stessi si avranno delle differenze nel trasferimento di calore, negli effetti del mescolamento, nei tempi di dissoluzione, negli effetti legati alla concentrazione delle sostanze, tutto ciò fa sì che durante lo scale-up di una reazione il controllo della stessa sia molto importante. Sebbene non sia sempre possibile prevedere se aumenti il rischio per l'operatore, alcune condizioni che possono aumentare i pericoli devono essere considerate:

- I prodotti iniziali e/o intermedi contengono gruppi funzionali quali: N-N, N-O, N-alogeno, O-O, O-alogeno si può ipotizzare un grosso aumento di pressione che può sfociare anche in una esplosione.
- Si può avere la formazione di prodotti gassosi.
- Reagenti o prodotti instabili alla temperatura di reazione.
- Reazione esotermica: predisporre un sistema con cui si possa velocemente raffreddare la reazione prima del run-away.
- Reazione che richiede un lungo periodo di riflusso: il pericolo in questo caso è l'insufficienza del condensatore.
- Una reazione che richiede una temperatura inferiore a 0 °C: il pericolo in questo caso è di un insufficiente raffreddamento.

## 9.10 Reazioni over-night

Una reazione che debba essere condotta in continuo, anche durante il periodo notturno, senza la presenza di personale deve essere progettata con cura e tener conto dei pericoli che si potrebbero

manifestare in caso di interruzione della corrente elettrica, dell'acqua di raffreddamento e del flusso di gas inerte. Di seguito vengono date alcune utili istruzioni:

1. Lasciare la luce del laboratorio accesa.
2. Indicare sulla cappa chimica la natura dell'operazione ed i pericoli associati alle sostanze in uso.
3. Se possibile chiedere ad altri ricercatori di controllare periodicamente l'esperimento.
4. Indicare il responsabile cui riferirsi in caso di incidente.

### **9.11 Lavorare da soli**

Le persone che lavorano con prodotti chimici pericolosi non dovrebbero mai lavorare da sole. Dovrebbe sempre essere presente almeno un'altra persona in grado di portare aiuto a portata di vista o di voce.

Nel caso in cui lavorare da soli sia assolutamente necessario la persona deve avere un telefono disponibile e contattare ogni 30 minuti un'altra persona che conosca la sua situazione.

### **9.12 La gestione dei rifiuti in laboratorio**

Il Servizio di Prevenzione e Protezione dell' IRC-CNR ha predisposto per le strutture dell'Istituto di Ricerche sulla Combustione e per i laboratori del Dipartimento di ingegneria Chimica dell' Università di Napoli una "procedura" di smaltimento dei rifiuti". In questo capitolo però non vogliamo analizzare le procedure tecniche e amministrative che l'Istituto si è data per un corretto smaltimento dei rifiuti, bensì quali sono le procedure da seguire per gestire correttamente i rifiuti raccolti in un laboratorio chimico dalla loro produzione fino al carico nel deposito temporaneo rifiuti. In genere i rifiuti in un laboratorio tipo possono essere distinti nelle seguenti tipologie:

- Solventi organici
- Soluzioni acide
- Soluzioni basiche
- Soluzioni contenenti metalli pesanti

Di seguito vengono dati alcuni accorgimenti utili nello stoccaggio dei rifiuti chimici:

1. I rifiuti che sono chimicamente incompatibili non possono essere mescolati, se i contenitori devono essere stoccati nella stessa zona è necessario utilizzare contenimenti secondari quali per esempio vasche di teflon che contengano eventuali versamenti.
2. Tutti i contenitori per i rifiuti devono essere etichettati non appena comincia la raccolta, l'etichetta deve riportare:
  - identificativo del laboratorio che ha prodotto il rifiuto
  - descrizione del rifiuto e codice CER
  - se possibile elenco dei composti contenuti con le percentuali
3. Occorre verificare che i contenitori siano in materiale compatibile con i rifiuti in essi raccolti.

4. I contenitori dei rifiuti devono sempre essere chiusi ad eccezione del momento del travaso. Non bisogna mai lasciarli aperti con l'imbuto inserito.
5. E' buona norma porre sotto i contenitori per i rifiuti delle vasche, vassoi o bacini di contenimento poiché nelle operazioni di travaso le fuoriuscite non sono improbabili.
6. I contenitori in laboratorio devono essere posti in zone lontane da fonti di calore, passaggi o altre lavorazioni ma ben ventilate, possibilmente in punti con aspirazione locale forzata per evitare contaminazioni durante la fase di travaso.
7. Non riempire mai completamente un contenitore.
8. Durante le fasi di travaso e movimentazione dei rifiuti indossare sempre occhiali di sicurezza e guanti.
9. E' vietato accumulare più di un contenitore per tipo di rifiuto.
10. Non conservare in laboratorio i contenitori per più di 60-90 giorni.
11. Prevedere contenitori rigidi per la vetreria rotta o per altri materiali taglienti.
12. I rifiuti prodotti vanno consegnati nell'apposito luogo indicato per ogni luogo di produzione (per piazzale Tecchio si dovrà far riferimento alla persona incaricata a riceverli).

### **Minimizzazione dei rifiuti**

Una corretta gestione dei rifiuti in un laboratorio non può prescindere da un tentativo di ridurre la quantità complessiva dei rifiuti prodotti, di ridurre la pericolosità e la tossicità specifica. Il vantaggio è ovviamente un abbattimento dei costi di smaltimento, un minore necessità di spazio dedicato, minore movimentazione e un miglioramento generale delle condizioni di sicurezza.

Per ridurre la quantità di rifiuti prodotti:

- Ridurre la scala degli esperimenti
- Distillare i solventi esausti per il loro riutilizzo
- Separare attentamente i rifiuti
- Recuperare i metalli per precipitazione
- Ordinare solo le quantità necessarie

Uno dei modi di ridurre la pericolosità dei rifiuti prodotti è banalmente utilizzare prodotti meno pericolosi, per esempio:

- Utilizzare detergenti biodegradabili per pulire la vetreria
- Sostituire i bagni di etanolo/base con detergenti biodegradabili come Alconox
- Sostituire i termometri a mercurio
- Sostituire il sodio bicromato con sodio ipoclorito
- Sostituire il tetracloruro di carbonio con il cicloesano
- Sostituire la formaldeide con etanolo
- Sostituire il benzene con toluene o alcoli
- Sostituire i solventi clorurati con solventi non clorurati
- Nei laboratori didattici sostituire i metalli pesanti con Fe, Co, e Cu

Lo stadio finale di ogni procedura sperimentale dovrebbe poi includere dei metodi per ridurre od eliminare la pericolosità dei rifiuti prodotti, per esempio: la neutralizzazione di acidi e basi, la polimerizzazione di monomeri epossidici, la trasformazione dei cianuri in cianati.

## 10. Procedure di emergenza

Esistono diversi tipi di emergenze che possono dover essere affrontate in laboratorio tra cui: incendio, esplosione, versamento di sostanze chimiche, fuoriuscita di gas ad alta pressione, allagamento, danni a carico delle persone (contaminazioni, ferite, ustioni, contusioni, malori). Prima di affrontare questo argomento si ricordano i numeri utili a cui telefonare in caso non si riesca o non si possa gestire in sicurezza una situazione di emergenza.

### NUMERI UTILI

<b>VIGILI DEL FUOCO</b> - Pronto intervento	<b>115</b>
<b>SOCCORSO PUBBLICO DI EMERGENZA</b>	<b>113</b>
(E' consigliabile ricorrere a questo numero soltanto in caso di reale e incombente pericolo alle persone o di gravi calamità e qualora non sia possibile chiamare i diversi Enti direttamente interessati)	
<b>EMERGENZA SANITARIA</b>	<b>118</b>
<u>OSPEDALE S. PAOLO</u> - Pronto soccorso	<b>081.2547959 - 2547960</b>
<u>GUARDIA MEDICA NOTTURNA E FESTIVA</u> Quartiere Bagnoli, Fuorigrotta	<b>081 2390.161</b>
<u>CENTRO ANTIVELENI OSPEDALE CARDARELLI</u> <b>0817.472.870</b>	
<u>ACQUEDOTTO</u> - Segnalazione guasti	<b>081.5639210</b>
<u>NAPOLETANAGAS</u> - Segnalazione guasti	<b>800-553.000</b>
<u>ELETTRICITA'</u> - Segnalazione guasti	<b>800-900-800</b>
<u>CARABINIERI</u> - Pronto intervento	<b>112</b>
<u>POLIZIA DI STATO</u> - Pronto intervento	<b>081.794.11.11</b>
<u>POLIZIA MUNICIPALE</u> dopo le ore 20 chiamare	<b>081.2303546</b> <b>081.751.31.77</b>

E' inoltre di fondamentale importanza che chiunque lavori in laboratorio prenda visione con attenzione del Piano di Emergenza redatto per la struttura, ad esso si rimanda la gestione dell'emergenza, il coordinamento della squadra di emergenza, l'attivazione delle procedure di emergenza e di evacuazione.

## **PIANO DI EMERGENZA INTERNO**

Istituto di Ricerche sulla Combustione e Dipartimento Ingegneria Chimica

### 1) PREMESSA

Il presente Piano di Emergenza Interna (PEI) ha lo scopo di conseguire gli obiettivi primari di salvaguardare la vita umana, proteggere i beni materiali e tutelare l'ambiente.

Il PEI è l'insieme delle misure ed azioni che devono essere intraprese all'interno dell'IRC, a partire dall'istante in cui si verifica un incidente, allo scopo di contenere gli effetti dannosi ad esso associati.

All'approntamento del PEI si è giunti attraverso l'individuazione e l'analisi di due fasi tra loro interconnesse e consequenziali:

- l'identificazione e la valutazione degli eventi potenzialmente pericolosi;
- la definizione delle azioni da compiere.

In particolare sono previste le procedure ed i comportamenti da attuare in caso di:

- incendio ed eventuale conseguente evacuazione dell'edificio;
- pericolo grave ed immediato o calamità naturali ed evacuazione dell'edificio;
- emergenza sanitaria o infortunio.

All'attuazione delle misure ritenute idonee a fronteggiare l'emergenza è preposta la squadra interna (Squadra Gestione Emergenze: SGE) costituita dai Sigg.:

#### **P.le Tecchio**

Andrea BIZZARRO

Vitale STANZIONE

Sabato RUSSO

Roberto SANCHIRICO

Fabrizio SCALA

Stefano CIMINO

#### **Via Diocleziano**

Ciro LICCARDI

Francesco S. MARRA

Vincenzo SCOGNAMIGLIO

#### **Via Metastasio**

Antonio CANTE

Francesco MICCIO

Giovanna RUOPPOLO

**Via Claudio**

Raffaele RAGUCCI

Christophe ALLOUIS

Gli addetti alla Squadra d'Emergenza sono stati scelti in funzione dell'esperienza maturata nell'ambito dell'attività svolta in ambienti di ricerca scientifica, nonché della loro presenza prevalente presso l'insediamento interessato. I componenti della Squadra d'Emergenza hanno completato la formazione con un addestramento specialistico per la lotta contro gli incendi conseguendo l'attestato di idoneità tecnica per rischio di classe elevata rilasciato dal Comando Provinciale dei VVF.

Parte del Personale ha anche partecipato ad un seminario informativo svolto dal dott. Gianluca Sotis, del Servizio Prevenzione e Protezione della Sede Centrale del CNR, sulle misure di primo intervento sanitario. Gli addetti alla squadra hanno il compito di intervenire in caso di incidenti riguardanti i luoghi di lavoro di pertinenza dell'IRC ubicati nelle varie sedi, limitatamente alla loro presenza sul posto di lavoro e nell'ambito dell'orario ordinario di lavoro dal lunedì al venerdì dei giorni feriali.

Il centro di coordinamento di tutte le operazioni di emergenza resta fissato comunque nella portineria dell'IRC ubicata in p.le Tecchio, costantemente presidiata (365gg/anno giorno e notte) da personale di Guardiania/Reception durante il giorno e da una Guardia Giurata la notte; personale afferente ad una ATI (costituita dall'Istituto di vigilanza privata "La Nuova Lince", soggetto capofila, e dalla SO.GE:SI ) con la quale è in essere un contratto di servizio. Tale contratto prevede che la turnazione di guardiania sia svolta nell'ambito di un ristretto numero di unità tutte dotate di attestato di idoneità antincendio rilasciato dai VVF. Alla portineria deve essere inoltrata qualsiasi segnalazione d'allarme.

In caso di emergenza fuori dai riferimenti temporali di intervento della SGE, gli addetti alla portineria avviseranno il Direttore dell'IRC ,o persona da Lui delegata, nonché il Direttore del Dipartimento di Ingegneria Chimica ,o da persona da Lui delegata, che provvederanno ad intraprendere le iniziative del caso.

In allegato sono accluse le planimetrie aggiornate degli insediamenti interessati in cui sono indicati: i percorsi di uscita; le postazioni degli estintori portatili e carrellati degli idranti a muro, degli armadietti contenenti le attrezzature antincendio di pronto intervento (n. 2 cappucci d'emergenza per fumi di incendio n. 2 paia di guanti anticalore; n. 1 coperta antifiamma; n. 1 piccozzina), delle doccette lavaocchi e delle cassette di medicazione per il primo soccorso sanitario; l'ubicazione dei quadri elettrici e dei rivelatori antincendio.

Sui luoghi di lavoro, oltre alla segnaletica di salvataggio, sono esposte, in punti predefiniti, le planimetrie di orientamento per i percorsi di uscita.

**2) IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI EVENTI POTENZIALMENTE PERICOLOSI**

Considerato l'uso e le dimensioni dei luoghi di pertinenza nonché il numero delle persone presumibilmente presenti, la casistica indica che il rischio principale è quello del panico durante l'esodo forzato e non disciplinato, causato da eventi potenzialmente pericolosi.

Dall'analisi effettuata, gli eventi ragionevolmente più probabili e verosimili appaiono essere l'incendio, la fuga di gas, il rilascio accidentale di sostanze pericolose, il terremoto, la minaccia di attentati.

#### a) Incendio

E' opinione comune che durante un incendio la morte delle persone coinvolte sopraggiunga per esposizione alle fiamme. Contrariamente a questa convinzione, l'esperienza insegna che la maggior parte delle vittime in realtà muore, prima di essere esposta alle fiamme, per asfissia o intossicazione provocata dai fumi che si sviluppano dall'incendio. L'incendio in un laboratorio di ricerca è ancor più pericoloso per la presenza di sostanze infiammabili e/o tossiche, di bombole di gas compresso, di contenitori di liquidi criogenici e quant'altro possa ingenerare rischi aggiuntivi. L'incendio, inoltre, è pericoloso soprattutto nella misura in cui può produrre panico e, pertanto, vanno subito iniziate le operazioni di spegnimento per tranquillizzare gli occupanti.

#### b) Fuga di gas

I laboratori presso p.le Tecchio sono serviti da una rete di distribuzione di gas metano per l'utilizzo di becchi bunsen. Più che gli incendi sono da temere le esplosioni dovute a fughe di gas dalla rete interna di distribuzione per cause accidentali quali la cattiva tenuta di un giunto, il guasto di una valvola o di un rubinetto, ecc.

#### c) Rilascio accidentale di sostanze pericolose

Tale evento è tra quelli ragionevolmente probabili che possono verificarsi in un laboratorio di ricerca. Il rilascio può avvenire a seguito della perdita da un'apparecchiatura sperimentale ovvero della rottura accidentale di un contenitore e può riguardare una molteplicità di sostanze variamente caratterizzate: infiammabili, tossiche o nocive, asfissianti, ecc. Considerate le ridotte capacità dei contenitori utilizzati ovvero delle portate in gioco nelle apparecchiature sperimentali rispetto ai volumi dei locali interessati, si valuta sia estremamente improbabile che possano verificarsi emissioni di vapori o gas in quantità tali da raggiungere concentrazioni critiche medie ambientali. Tuttavia non si esclude che dette concentrazioni possano riscontrarsi nelle immediate vicinanze del centro di rilascio.

#### d) Terremoto

L'area napoletana è tra le zone del territorio nazionale considerate a rischio sismico ed è classificata di terza categoria, cioè a bassa sismicità (grado di sismicità S6). Il terremoto è di quegli eventi che inevitabilmente produce panico e conseguentemente induce alla fuga precipitosa e disordinata.

e) Minaccia di attentati

Nel passato si sono verificate, con una certa frequenza, telefonate anonime che minacciavano la presenza di ordigni esplosivi nell'edificio in p.le Tecchio, sede della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli " Federico II". Negli ultimi tempi quel tipo di telefonate non si è più verificato, tuttavia è una eventualità che va considerata perchè comporta lo sgombero precauzionale ed immediato dell'intero fabbricato.

3) NORME E COMPORTAMENTI DA OSSERVARE IN CASO DI EMERGENZA

a) **INCENDIO**

**Norme di prevenzione**

Chiunque svolge attività presso l'Istituto di Ricerche sulla Combustione e/o Dipartimento di Ingegneria Chimica è tenuto a:

- limitare al minimo indispensabile i quantitativi di sostanze infiammabili e materiali incendiabili nei laboratori;
- porre la massima cura nella movimentazione dei contenitori di sostanze infiammabili e adottare tutte le precauzioni possibili in caso di travaso delle stesse;
- depositare nell'armadio a prova di fuoco o nel reagentario le sostanze infiammabili di uso meno frequente;
- utilizzare il frigorifero senza contatti elettrici interni per il deposito di sostanze altamente infiammabili o termolabili;
- tenere sostanze infiammabili e materiali combustibili lontano da fonti di calore, fornelli elettrici e fiamme libere;
- non fare uso di fiamme libere nei laboratori se non finalizzate alle attività di ricerca sperimentale in corso;
- effettuare nei locali delle officine lavorazioni con attrezzature che sviluppano calore per attrito e producono scintille; per interventi di manutenzione in situ è indispensabile adoperare tutte le cautele che possono individuarsi anche in funzione delle attività svolte nelle aree attigue;
- accertarsi, almeno ad inizio lavoro, che le bombole ed i circuiti di adduzione dei gas in uso nei laboratori non abbiano perdite;
- chiudere tutte le bombole di gas che non devono restare in servizio;
- non utilizzare adattatori multipli nelle prese di corrente;
- non utilizzare prese elettriche multiple portatili; in caso di necessità, in via del tutto eccezionale e temporanea, assicurarsi che le prese multiple siano del tipo protetto da fusibile o altro sistema di limitazione di corrente con portata massima non superiore a 6 ampere e che il cavo di alimentazione sia posizionato in modo da non costituire alcun tipo di pericolo;
- non fare uso di apparecchi elettrici od elettronici danneggiati o difettosi;
- impiegare correttamente macchine e apparecchiature elettriche assicurandosi che le aperture di ventilazione non vengano ostruite da materiali o corpi estranei;

- non usare apparecchi portatili elettrici di riscaldamento che non siano termostatati, posizionati lontano da materiali facilmente combustibili o infiammabili, sorvegliati durante il loro utilizzo e disalimentati subito dopo;
- spegnere le attrezzature elettriche che non devono restare in servizio;
- non manomettere o effettuare alcun intervento sugli impianti elettrici;
- non fumare nei laboratori;
- non vuotare i portacenere nel cestino dei rifiuti;
- non ingombrare con mobili, oggetti e materiali vari le attrezzature di pronto intervento (estintori, idranti, armadietti di custodia attrezzature antincendio, doccette lavaocchi, ecc.), i percorsi di esodo e le uscite;
- non accumulare anche temporaneamente rifiuti, carta o altro materiale combustibile che possa essere incendiato occasionalmente o deliberatamente lungo le vie di esodo;
- non consentire la frequentazione dei luoghi di lavoro a persone estranee se non personalmente accompagnate durante la loro permanenza.

### **Condotta da tenere in caso di incendio**

#### **I frequentatori abituali**

In caso di principio d'incendio nell'ufficio o nel laboratorio ove ci si trova, fanno pronto uso degli estintori in dotazione se sono perfettamente a conoscenza delle caratteristiche e modalità di impiego degli estintori e se ciò non comporta rischio per la propria incolumità.

Non riuscendo a spegnere l'incendio comportarsi come di seguito indicato:

- non lasciarsi prendere dal panico;
- ricordare che il pericolo maggiore non è costituito dal fuoco ma dal fumo che si sprigiona dall'incendio;
- uscendo dall'ufficio o dal laboratorio, se possibile, spegnere le apparecchiature elettriche in uso, chiudere la valvola delle bombole di gas utilizzate o il rubinetto del posto di presa, aprire le finestre del locale e chiudere la porta, ma non a chiave;
- avvertire immediatamente il personale di portineria che provvede ad allertare gli addetti alla squadra di emergenza;
- avviarsi con calma verso le uscite seguendo i percorsi d'esodo segnalati, ricordando di usare le scale e non l'ascensore e facendo da guida ai frequentatori occasionali con particolare riguardo alle persone disabili.

In caso d'incendio fuori dall'ufficio o dal laboratorio ove ci si trova, al segnale di evacuazione lanciato dalle suonerie, dagli altoparlanti o su richiesta degli addetti alla squadra di emergenza o del personale di portineria, comportarsi come di seguito indicato:

- chiudere le bombole di gas in uso o il rubinetto del posto di presa;
- spegnere le apparecchiature elettriche in uso;
- uscire dalla stanza e chiudere la porta ma non a chiave;

- raggiungere l'uscita dell'edificio usando le scale e non l'ascensore facendo da guida ai frequentatori occasionali con particolare riguardo alle persone disabili;
- se i corridoi e le scale sono completamente invase dal fumo, rimanere nella stanza, chiudere la porta e cercare di sigillare le fessure con stracci possibilmente bagnati;
- aprire la finestra se non è invasa dall'esterno da fumo o lingue di fuoco;
- segnalare la propria presenza con ogni mezzo possibile.

In caso di incendio alla persona intervenire prontamente facendo stendere la persona a terra e ricoprendola con la coperta antifiamma in dotazione o altri indumenti (sono da evitare assolutamente materiali sintetici) sino a soffocare le fiamme

Non applicare alla parte ustionata cotone idrofilo o altro materiale fioccoso ma, compresse di garza sterile per prevenire la diffusione dell'infezione e portare la persona in ospedale. Se l'ustione è grave ed estesa avvolgere l'infortunato in una coperta e provvedere al suo trasporto.

### **Gli operatori di portineria**

In caso di allarme per un principio d'incendio:

- avvertono il Direttore dell'Istituto ed il Direttore del Dipartimento di Ingegneria Chimica; o persona da Loro Delegata ;
- rintracciano ed allertano gli addetti alla Squadra di Gestione delle Emergenze;
- provvedono ad aprire entrambi i battenti della porte di uscita attigue al posto di guardia (quella interna e quella esterna che immette sul porticato) nonchè il cancello del vano carraio su via Fabio Massimo assicurando il servizio di sorveglianza per impedire l'accesso ai curiosi.

### **Gli addetti alla SGE:**

- intervengono prontamente con gli estintori portatili se ciò non comporta rischio per la propria incolumità;
- se il focolare d'incendio non riesce ad essere sopraffatto con gli estintori portatili:
  - richiedono immediatamente l'intervento dei VVF ed al loro arrivo forniscono tutte le informazioni richieste;
  - nel frattempo danno inizio allo sgombero cautelativo dei locali;
  - tolgono corrente agli impianti manovrando l'interruttore generale posto sul quadro di distribuzione principale;
  - chiudono la valvola principale di adduzione del gas;
  - ricorrono (se ciò non comporta rischio per la propria incolumità) agli idranti a muro per arginare il fronte delle fiamme ed agevolare l'evacuazione delle persone.

## b) FUGA DI GAS

### Chiunque

avverta una fuga di gas nei luoghi di lavoro gli ambienti di lavoro o nelle immediate vicinanze deve avvertire immediatamente gli operatori della portineria.

E' di estrema importanza evitare qualsiasi fonte di innesco.

### Gli operatori di portineria

- provvedono ad allertare gli addetti alla SGE ed il personale tecnico interno in grado di intercettare l'afflusso di gas a monte o subito a valle del contatore;
- collaborano con la SGE ad aprire tutti gli infissi esterni per consentire un rapido ricambio d'aria.

In casi gravi, su indicazione degli addetti alla SGE,

- avvertono il Direttore dell'Istituto ed il Direttore del Dipartimento di Ingegneria Chimica;
- provvedono ad aprire entrambi i battenti della porte di uscita attigue al posto di guardia (quella interna e quella esterna che immette sul porticato) nonchè il cancello del vano carraio su via Fabio Massimo assicurando il servizio di sorveglianza per impedire l'accesso ai curiosi.

Gli addetti alla SGE, allertata dagli operatori di portineria,

- collaborano con il personale tecnico interno a chiudere la mandata del gas e a tentare di individuare ed eliminare la perdita;
- chiamano i tecnici della Azienda distributrice del gas per una verifica agli impianti;
- provvedono ad aprire tutti gli infissi esterni e per precauzione danno inizio, quando la situazione lo richiede, alla procedura di sgombero ordinato dei locali.

## c) RILASCIO ACCIDENTALE DI SOSTANZE PERICOLOSE

### Chiunque

ravvisi uno spandimento ovvero una perdita da un contenitore, un'apparecchiatura o da un impianto sperimentale di sostanze pericolose o ritenute tali deve avvertire immediatamente la portineria.

L'operatore interessato ad uno spandimento accidentale di sostanze pericolose o che avverta una perdita, dall'apparecchiatura o dall'impianto sperimentali utilizzati, che comporti l'immissione nell'ambiente di sostanze pericolose, deve:

- avvertire la portineria;
- indossare immediatamente i DPI predisposti nei casi d'emergenza previsti per l'attività svolta;
- se trattasi di liquidi, limitarne lo spandimento utilizzando i mezzi ad alto potere assorbente (granuli o fogli) in dotazione;
- attivare immediatamente la procedura d'arresto d'emergenza dell'impianto o dell'apparecchiatura in avaria;
- aprire gli infissi esterni per agevolare al massimo il ricambio d'aria.

### **Gli operatori di portineria**

- provvedono ad allertare gli addetti alla SGE con i quali collaborano ad aprire tutti gli infissi esterni per consentire un rapido ricambio d'aria.
- rintracciano ed avvertono il Responsabile del Gruppo di Ricerca nel cui laboratorio si è verificato l'evento.

In casi gravi, su indicazione degli addetti alla SGE,

- avvertono il Direttore dell'Istituto ed il Direttore del Dipartimento di Ingegneria Chimica;
- provvedono ad aprire entrambi i battenti della porte di uscita attigue al posto di guardia (quella interna e quella esterna che immette sul porticato) nonchè il cancello del vano carraio su via Fabio Massimo assicurando un servizio di sorveglianza per impedire l'accesso ai curiosi.

### **Gli addetti alla SGE**, allertati dagli operatori di portineria,

- provvedono ad aprire tutti gli infissi esterni e per precauzione danno inizio, qualora la situazione lo richieda, alla procedura di sgombero ordinato dei locali.

#### **d) TERREMOTO**

Nel caso di scosse di terremoto occorre che tutti i frequentatori si sforzino di non lasciarsi prendere dal panico.

Bisogna evitare di fuggire mentre la scossa è in atto ma cercare di proteggersi trovando rifugio sotto un architrave, un tavolo o, in mancanza, contro un muro in un angolo, coprendosi la nuca con le mani allo scopo di evitare di rimanere feriti al capo dal distacco di calcinacci o dalla caduta di oggetti riposti in alto.

Quando la scossa è terminata, è consigliabile interrompere ogni attività e portarsi all'aperto in luogo sicuro.

Uscendo dall'ufficio o dal laboratorio, spegnere le apparecchiature elettriche e chiudere le bombole in uso, raggiungere con calma il piano terra usando le scale e non l'ascensore seguendo i percorsi d'uscita segnalati, fare da guida alle persone estranee occasionalmente presenti con particolare riguardo alle persone disabili.

Giunti all'aperto, camminare stando al centro della strada, lontano il più possibile dagli edifici, per evitare di essere colpiti da tegole mattoni, cornicioni o altro.

Gli operatori di portineria provvedono ad aprire entrambi i battenti della porte di uscita attigue al posto di guardia (quella interna e quella esterna che immette sul porticato) nonchè il cancello del vano carraio su via Fabio Massimo ed effettuano un servizio di sorveglianza per impedire l'accesso ai curiosi.

Gli addetti alla SGE interna presiedono allo sfollamento dei luoghi di lavoro cercando di controllare eventuali situazioni di panico.

Provvedono a chiudere la mandata del gas e, ad evacuazione completata, tolgono la corrente manovrando l'interruttore generale posto sul quadro di distribuzione principale.

e) **MINACCIA DI ATTENTATI**

Chiunque riceva telefonate che minacciano la presenza di ordigni esplosivi collocati nel fabbricato o si accorga della presenza di un pacco sospetto deve avvertire immediatamente la portineria.

Gli operatori di portineria provvedono:

- ad avvertire il Direttore dell'Istituto e del Dipartimento di Ingegneria Chimica e ad allertare la SGE interna perchè diano disposizioni al personale ed ai frequentatori per l'evacuazione ordinata dell'edificio;
- ad avvertite le forze di Polizia perchè provvedano ad ispezionare i locali e ad intraprendere le azioni necessarie.

Gli addetti alla SGE interna

- presiedono allo sfollamento dei luoghi di lavoro cercando di controllare eventuali situazioni di panico;
- provvedono a chiudere la mandata del gas e dell'acqua e, ad evacuazione completata, tolgono la corrente manovrando l'interruttore generale posto sul quadro di distribuzione principale.

4) **PROCEDURA DI EVACUAZIONE**

Poichè l'evacuazione delle persone è una delle principali azioni da prevedere, è importante stabilire una corretta procedura mediante l'enunciazione di semplici ma fondamentali regole comportamentali che vanno osservate in tutte le situazioni di emergenza.

A) La disposizione di evacuazione deve essere integrata, se possibile, da un minimo di informazioni sulla causa dell'emergenza in modo da non suscitare panico.

B) Alla segnalazione di evacuazione gli addetti alla portineria devono aprire tutte le porte ed i cancelli di ingresso e devono effettuare un servizio di sorveglianza per impedire l'accesso ai curiosi.

C) Il personale, appena percepito l'avviso di sfollamento, deve abbandonare i luoghi di lavoro in maniera ordinata, senza correre, dopo essersi accertato che gli stessi siano stati completamente evacuati dai frequentatori occasionali e dopo aver messo in sicurezza le macchine e le apparecchiature in uso.

D) I frequentatori abituali dell'edificio, conoscendo bene i luoghi, fanno da guida alle persone estranee occasionalmente presenti con particolare riguardo alle persone disabili.

E) Lo sfollamento deve avvenire seguendo, salvo diversa indicazione da parte del personale incaricato, i percorsi di esodo, ordinari ed alternativi, contrassegnati dalla apposita segnaletica, evitando comunque di usare ascensori o montacarichi.

F) Le persone devono defluire rapidamente dalle uscite di emergenza poste a fronte strada curando di non ostacolare l'accesso e l'opera dei soccorritori.

G) L'evacuazione è disciplinata e controllata dagli addetti alla SGE interna, iniziandola gradualmente dal luogo più vicino all'incidente.

H) Gli addetti alla SGE, coadiuvati dal personale tecnico interno, provvedono a chiudere la valvola principale dell'acqua e del gas e, ad evacuazione avvenuta, a togliere corrente agli impianti manovrando l'interruttore generale posto sul quadro elettrico principale.

I) Il vicino piazzale Tecchio, con riferimento alla stazione della SEPSA, resta prefissato come luogo di raccolta dove far convergere il personale e verificare che non vi siano dispersi.

L) In caso di calamità naturali, raggiunto il luogo di raccolta, accendere una radio portatile per ascoltare informazioni e consigli forniti dalla protezione civile.

## **5) MISURE DI PRIMO SOCCORSO SANITARIO**

L'IRC ha provveduto ad installare cassette di pronto soccorso sanitario nei luoghi di lavoro di pertinenza. L'ubicazione di tali cassette è stata illustrata ai dipendenti ed è indicata nelle planimetrie accluse al presente PEI.

Le cassette sono attrezzate con i presidi previsti dalle vigenti normative e sono fornite di istruzioni per il loro uso.

Quando avviene un infortunio o sopraggiunge un malore può capitare che siano le persone presenti a dover fornire il primo soccorso all'infortunato. Per questo motivo è opportuno che tutti i lavoratori siano a conoscenza delle norme essenziali di pronto soccorso.

**Sono da tenere presente le seguenti raccomandazioni di carattere generale:**

- mantenere la calma ed agire con freddezza;
- allontanare la folla, tranne le poche persone che possono coadiuvare l'opera del soccorritore;
- slacciare cinture, colletti o altri capi di vestiario che possono rendere difficoltosa la respirazione;
- mettere la vittima nella posizione giusta (leggere punto A);
- non spostare la vittima, salvo che vi siano pericoli imminenti; se si è costretti, spostarla secondo le regole (leggere punto B);
- bloccare le eventuali emorragie (leggere punto C);
- immobilizzare eventuali fratture (leggere punto D);
- parlare con l'infortunato e rassicurarlo;
- fare arrivare al più presto un medico o un'ambulanza avvertendo gli operatori di portineria.

### **A) Posizioni consigliate**

#### **- Improvvisi dolori al petto**

Per i dolori al petto è preferibile la posizione semiseduta soprattutto se la respirazione è difficoltosa.

#### **- Improvvisi dolori all'addome**

Per i dolori all'addome, è preferibile la posizione supina con le ginocchia piegate.

- Shock (brusca caduta di pressione dovuta a perdita di sangue, insufficienza cardiaca, colpi di calore, emozioni improvvise, ecc)

La posizione migliore è quella supina avendo cura di tenere le gambe sollevate allo scopo di facilitare la circolazione del sangue verso il cuore ed il cervello (la posizione antishock va evitata in caso di frattura alle gambe).

## - Traumi cranici

La posizione di sicurezza è la posizione laterale con testa ipertesa in modo da ostacolare la caduta all'indietro della lingua con conseguente ostacolo alla respirazione.

## B) Trasporto feriti

Lo spostamento di un ferito è sempre una manovra potenzialmente pericolosa.

Vi sono casi in cui però è necessario procedere al trasporto dell'infortunato ancora prima dell'arrivo di personale qualificato, come in presenza di un pericolo imminente (incendio, esplosione, crollo, ecc.).

Nel caso in cui il soggetto è in sé ed è collaborante, il metodo di trasporto più semplice è quello da effettuarsi con due persone che, poste lateralmente al soggetto, incrociano gli avambracci esterni e, afferrandosi per i polsi, formano un appoggio improvvisato sul quale si siede l'infortunato che viene sostenuto alle spalle con le mani libere. A sua volta il soggetto si aggrappa alle spalle dei soccorritori. Come appoggio può adoperarsi anche una cinghia o un asciugamano annodato in modo da formare un anello.

Nel caso in cui la vittima è privo di conoscenza o non può stare seduto, occorre procedere al trasporto orizzontale utilizzando una coperta come barella.

In caso di sospetto di traumi alla colonna vertebrale si deve assolutamente evitare di muovere l'infortunato. In presenza di pericoli imminenti, per il trasporto è necessario usare una superficie piana e rigida ed occorre intervenire in più persone in modo da spostare l'infortunato cercando di evitare il più possibile movimenti alla colonna vertebrale.

## C) Emorragie

E' importante, in alcuni casi di vitale importanza, bloccare l'emorragia.

Occorre comprimere il punto di sanguinamento con un tampone, un asciugamano o una fasciatura molto stretta.

Se l'emorragia riguarda un braccio o una gamba si consiglia di usare un laccio emostatico (o un asciugamano, una cintura, un fazzoletto, uno spago), da stringere fortemente alla radice dell'arto interessato.

Per arrestare l'uscita del sangue dal naso si ricorre ad impacchi di ghiaccio o acqua fredda sulla fronte e sulla nuca.

## D) Fratture

Non bisogna muovere l'arto o la parte fratturata, anzi occorre cercare di immobilizzare l'arto nella posizione in cui si trova, anche se deformato, con stecche o fasciature.

Un braccio può essere immobilizzato fasciandolo intorno al busto anche con un lenzuolo o una tovaglia; un arto inferiore leso può essere legato strettamente a quello sano che funge da stecca.

## E) Folgorazione

Non toccare la vittima, finché non sia interrotto il contatto con la corrente.

Interrompere immediatamente la corrente. Se ciò non è possibile, allontanare l'infortunato dalla fonte di energia con un bastone o un ramo asciutti prendendolo per i vestiti.

Quindi esaminare l'infortunato e, se non respira, eseguire la respirazione bocca a bocca.

Chiamare un medico e l'ambulanza.

## Versamento

La maggior parte dei versamenti è prevedibile. Di seguito sono riportati alcuni accorgimenti che possono prevenire o minimizzare la quantità di un versamento:

1. Posizionare i contenitori in modo tale che sia difficile urtarli o rovesciarli accidentalmente.
2. Posizionare i contenitori con l'etichetta ben visibile.
3. Riporli sempre all'interno di bacinelle o di ripiani con bordi di contenimento.
4. Muoversi sempre con cautela ed attenzione.
5. Seguire le procedure per il trasporto e lo stoccaggio in sicurezza dei prodotti chimici.

Nel caso che il versamento di un prodotto chimico abbia luogo coloro che lo hanno causato sono responsabili dell'immediata e adeguata pulizia, è necessario quindi che ogni laboratorio abbia un piano di controllo dei versamenti adeguato alla natura dei prodotti chimici che in esso vengono manipolati.

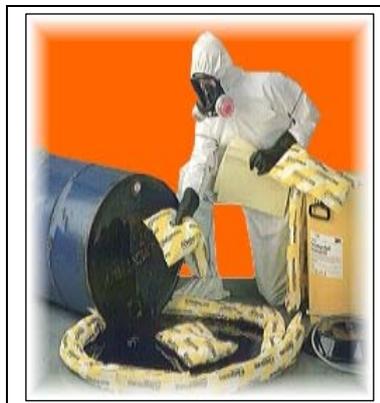
Il servizio prevenzione e protezione interno all'IRC ha elaborato una procedura per gli sversamenti accidentali di sostanze chimiche. La procedura con l'occorrenza, oltre ad essere consegnata ai singoli laboratori è stata affissa sullo scaffale che contiene il prodotto assorbente posto di fronte alla camera oscura di piazzale Tecchio. (Armadio giallo con vetro)

Di seguito vengono fornite alcune indicazioni generali per i versamenti di agenti chimici:

1. Allertare immediatamente gli occupanti dell'area ed il responsabile, evacuare l'area se necessario.
2. Aiutare chiunque possa essere stato contaminato così come descritto al paragrafo 10.7.
3. Se il prodotto versato è un liquido volatile ed infiammabile controllare e possibilmente isolare tutte le fonti di ignizione, aumentare la ventilazione dell'area.
4. Indossare i DPI adeguati alla tossicità del prodotto versato come riportato nella scheda di sicurezza.
5. Utilizzando la sottostante tabella è possibile determinare l'estensione del versamento e quindi il tipo di risposta più idoneo.
- 6.

Estensione	Quantità	Risposta	Materiali
<b>Piccolo</b>	< 300 mL	Trattamento chimico o assorbimento	Neutralizzazione o kit di assorbimento
<b>Medio</b>	300 mL – 5 L	Assorbimento	Kit di assorbimento
<b>Grande</b>	> 5 L	Squadra d'emergenza	Aiuto esterno

7. Se il versamento è di grossa entità o interessa una sostanza estremamente tossica occorre evacuare il locale, chiudere la porta ed allertare il personale della squadra d'emergenza con le modalità descritte dal piano di emergenza
8. Contenere il più possibile il versamento. Esistono in commercio diversi materiali utili a tale scopo.



9. Il materiale assorbente in polvere o granuli deve essere distribuito sull'intera area partendo dall'esterno verso l'interno con movimenti circolari, ciò riduce la possibilità di schizzi del versato. Diversi materiali assorbenti per acidi e basi agiscono non solo adsorbendo il materiale ma anche neutralizzandolo chimicamente, spesso essi contengono indicatori che cambiando colore segnalano quando la neutralizzazione è completa. I prodotti di neutralizzazione per solventi agiscono riducendo la formazione di vapori e aumentando il flash-point della miscela.



10. Quando il prodotto versato è stato assorbito raccogliere il materiale adsorbente, utilizzando se necessario una paletta ed una scopina, e riporlo in un sacco di plastica, se si tratta di un piccolo versamento o in un fusto se ritratta di un versamento più grande. Il contenitore comunque deve essere correttamente etichettato e smaltito.
11. Decontaminare l'area dove è avvenuto il versamento con detersivi non aggressivi e se il caso con acqua.
12. Riportare al proprio responsabile quanto accaduto.

Per sviluppare una procedura di controllo dei versamenti specifici per il proprio laboratorio occorrerà più in dettaglio considerare:

1. I quantitativi di sostanza in gioco.
2. Le caratteristiche chimiche, fisiche e tossicologiche della sostanza.
3. Attingere dalla scheda di sicurezza informazioni sui materiali adatti per contenere i versamenti ed i dispositivi di protezione individuali adeguati.
4. Acquistare e tenere sempre pronto all'uso un kit di controllo dei versamenti.
5. Posizionare il kit di controllo dei versamenti in una posizione facilmente accessibile e ben segnalata.
6. Inserire nella procedura le norme di comportamento da seguire per contenere, raccogliere, smaltire, decontaminare il versamento.

#### **Esempio di materiali contenuti nel kit di controllo dei versamenti**

DPI	2 paia di occhiali a maschera 2 paia di guanti 2 paia di soprascarpe 2 paia di camici o tute in Tyvek usa e getta
Materiali adsorbenti	teli o cuscini adsorbenti Materiale in granuli, per esempio vermiculite
Materiali neutralizzanti	Materiale neutralizzante per acidi Materiale neutralizzante per basi Materiale neutralizzante per solventi
Prodotti per la pulizia	Paletta Pinze Spazzola o scopa Sacchi di plastica Etichetta per il rifiuto



### Versamento di liquidi non infiammabili

1. Distribuire la polvere adsorbente dall'esterno verso l'interno coprendo completamente il liquido versato.
2. Lasciare agire fino a che non si è sicuri che l'adsorbimento sia completo
3. Raccogliere la polvere cominciando sempre dall'esterno verso l'interno
4. Riporre il materiale adsorbente in un sacco di plastica
5. Pulire con carta adsorbente inumidita e riporla nel sacco di plastica

### Versamento di liquidi infiammabili

1. Controllare tutte le fonti di calore o di ignizione
2. Stendere sul liquido carta o salviette adsorbenti in modo da limitare anche le emissioni di vapori
3. Raccogliere la carta adsorbente con le pinze e riporla in un sacchetto di plastica
4. Pulire con carta adsorbente inumidita e riporla nel sacco di plastica.



### Versamento di solidi

1. Raccogliere con paletta e spazzola il solido e riporlo nel sacchetto di plastica
2. Eseguire questa operazione sempre dall'esterno verso l'interno avendo cura di non sollevare polvere
3. Pulire con carta adsorbente inumidita
4. Mettere tutto nel sacco di plastica

## Versamento di mercurio

1. Utilizzare pipette aspiranti per le gocce più grosse
2. Utilizzare materiali adsorbenti specifici che producono una amalgama con il mercurio
3. Lavare più volte la zona



## 10.4 Fuoriuscita da contenitori in pressione

### In caso di perdita dal contenitore:

1. Tentare di arrestare la fuoriuscita.
2. Assicurare la ventilazione.
3. In caso di gas infiammabili o esplosivi è necessario allontanare eventuali sorgenti di ignizione.
4. Evacuare l'area.

### In caso di incendio:

1. evacuare la zona;
2. avvertire i VVF al cui arrivo si comunicherà il numero, il contenuto e la dislocazione delle bombole coinvolte;
3. se possibile allontanare, dopo aver chiuso le valvole, le bombole in prossimità dell'incendio ma non quelle lambite dalle fiamme;
4. iniziare a raffreddare le bombole che non si possono spostare bagnandole su tutta la superficie da un luogo protetto, fino a che il fuoco non sia estinto e la superficie non resti bagnata per almeno

10 minuti dopo aver cessato l'irrorazione. Le bombole di acetilene devono essere immerse nell'acqua per almeno 24 ore;

5. nel caso siano coinvolti gas tossici e corrosivi è necessario inoltre:
  - utilizzare gli appositi dispositivi di protezione individuale,
  - ventilare il locale o portare le bombole all'aria aperta in posizione non pericolosa, in luogo recintato e segnalato,
  - verificare l'assenza di perdite con l'acqua saponata,
  - avvertire il fornitore.

#### **Se la valvola è in fiamme:**

1. lasciare bruciare il gas raffreddando la bombola e la zona circostante con acqua;
2. se il gas infiammabile si miscela all'aria può provocare un'esplosione, la fiamma si estingue perciò solo se:
  - costituisce particolare pericolo,
  - la fuoriuscita è minima,
  - la valvola si può chiudere rapidamente,
  - la bombola può essere portata rapidamente all'esterno,
  - non esistono possibili sorgenti di innesco.

### **10.5 Allagamento**

L'allagamento è un incidente abbastanza comune nei laboratori chimici dove diverse apparecchiature sono dotate di raffreddamento ad acqua. In caso di allagamento occorre:

1. Se possibile farlo in sicurezza togliere la corrente elettrica.
2. Chiudere o isolare la perdita.
3. Raccogliere con stracci l'acqua per terra.
4. Verificare attentamente i danni.

### **10.6 Interruzione non programmata dei servizi**

La mancanza di corrente elettrica può creare in laboratorio situazioni pericolose. Sostanze infiammabili o vapori tossici possono essere rilasciati a causa del riscaldamento dei frigoriferi o delle celle fredde. Le cappe chimiche cessano di funzionare rilasciando i vapori in laboratorio. Gli agitatori magnetici cessano di funzionare. Il successivo ritorno della corrente elettrica può essere ancora più pericoloso se non si sono messi in sicurezza gli apparati.

### **10.7 Esposizione ad agenti chimici**

#### **Contatto di un prodotto chimico con la pelle o i vestiti**

1. Lavare immediatamente con acqua per non meno di 15 minuti (ad eccezione di acido fluoridrico, solidi infiammabili, fenolo >10%).
2. Durante il lavaggio rimuovere velocemente tutti i gioielli o i vestiti contaminati. Non perdere tempo per pudore.
3. Togliere maglioni o magliette con cautela per non contaminare gli occhi.
4. Accertarsi sulla scheda di sicurezza se occorre aspettarsi degli effetti ritardati sulla salute.
5. Lavare i vestiti contaminati in lavatrice separatamente dagli altri indumenti. Gli effetti personali che non possono essere decontaminati devono essere buttati.
6. Non usare solventi per lavare la pelle. I solventi alterano il normale strato lipidico della pelle causando irritazioni e infiammazioni e in alcuni casi possono facilitare il passaggio dermico del prodotto tossico.
7. In caso di contatto sulla pelle con solidi infiammabili, spazzolarne via il più possibile prima di procedere come descritto sopra.
8. In caso di contatto con acido fluoridrico, lavare con acqua per 5 minuti quindi applicare un gel di calcio gluconato sull'ustione, quindi recarsi immediatamente al pronto soccorso.
9. In caso di contatto con fenolo ad una concentrazione maggiore del 10%, lavare con acqua per 15 minuti fino a che l'area non ha cambiato colore da bianca a rosa, quindi applicare glicole polietilenico.

#### **Contatto di un prodotto chimico con gli occhi**

1. Lavare immediatamente gli occhi con acqua per almeno 15 minuti avendo cura di tenere ben aperti gli occhi. L'uso delle fontane dei lavaggi oculari è preferito in modo da avere le mani libere per tenere aperti gli occhi. Se un lavaggio oculare non è disponibile lavare l'occhio sotto il rubinetto avendo cura di far scorrere l'acqua dall'interno dell'occhio verso l'esterno in modo da non contaminare l'altro occhio.
2. Rimuovere le lenti a contatto durante il lavaggio. Non perdere tempo per rimuoverle prima. Dopo il lavaggio non rimettere le lenti a contatto.
3. Recarsi al pronto soccorso per una visita oculistica.

#### **Inalazione di un prodotto chimico**

1. Chiudere il contenitore, aprire le finestre o aumentare la ventilazione, spostarsi all'aria aperta.
2. Se i sintomi, quali mal di testa, irritazione degli occhi e delle vie respiratorie, nausea, persistono recarsi al pronto soccorso spiegando attentamente quale prodotto chimico si è inalato.
3. Controllare la scheda di sicurezza per vedere se occorre aspettarsi degli effetti ritardati sulla salute.

#### **Ingestione di un prodotto chimico**

1. Contattare il più vicino centro antiveleni e se necessario recarsi al pronto soccorso con la scheda di sicurezza del prodotto.

2. Indurre il vomito solo se espressamente indicato dalla scheda di sicurezza.

#### **Iniezione di un prodotto chimico**

1. Lavare l'area con acqua e sapone e recarsi al pronto soccorso con la scheda di sicurezza del prodotto.

## Allegato 1 – Frasi R

Frasi R in ordine numerico	
R1	Esplosivo allo stato secco.
R2	Rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti d'ignizione.
R3	Elevato rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti d'ignizione.
R4	Forma composti metallici esplosivi molto sensibili.
R5	Pericolo di esplosione per riscaldamento.
R6	Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria.
R7	Può provocare un incendio.
R8	Può provocare l'accensione di materie combustibili.
R9	Esplosivo in miscela con materie combustibili.
R10	Infiammabile.
R11	Facilmente infiammabile.
R12	Estremamente infiammabile.
R14	Reagisce violentemente con l'acqua.
R15	A contatto con l'acqua libera gas estremamente infiammabili.
R16	Pericolo di esplosione se mescolato con sostanze comburenti.
R17	Spontaneamente infiammabile all'aria.
R18	Durante l'uso può formare con aria miscele esplosive/infiammabili.
R19	Può formare perossidi esplosivi.
R20	Nocivo per inalazione.
R21	Nocivo a contatto con la pelle.
R22	Nocivo per ingestione.
R23	Tossico per inalazione.
R24	Tossico a contatto con la pelle.
R25	Tossico per ingestione.
R26	Molto tossico per inalazione.
R27	Molto tossico a contatto con la pelle.
R28	Molto tossico per ingestione.
R29	A contatto con l'acqua libera gas tossici.
R30	Può divenire facilmente infiammabile durante l'uso.
R31	A contatto con acidi libera gas tossico.
R32	A contatto con acidi libera gas molto tossico.
R33	Pericolo di effetti cumulativi.
R34	Provoca ustioni.
R35	Provoca gravi ustioni.
R36	Irritante per gli occhi.
R37	Irritante per le vie respiratorie.
R38	Irritante per la pelle.
R39	Pericolo di effetti irreversibili molto gravi.
R40	Possibilità di effetti cancerogeni - prove insufficienti
R41	Rischio di gravi lesioni oculari.
R42	Può provocare sensibilizzazione per inalazione.
R43	Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.
R44	Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato.
R45	Può provocare il cancro.
R46	Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
R48	Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata.
R49	Può provocare il cancro per inalazione.
R50	Altamente tossico per gli organismi acquatici.
R51	Tossico per gli organismi acquatici.
R52	Nocivo per gli organismi acquatici.

R53	Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R54	Tossico per la flora.
R55	Tossico per la fauna.
R56	Tossico per gli organismi del terreno.
R57	Tossico per le api.
R58	Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.
R59	Pericoloso per lo strato di ozono.
R60	Può ridurre la fertilità.
R61	Può danneggiare i bambini non ancora nati.
R62	Possibile rischio di ridotta fertilità.
R63	Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati.
R64	Possibile rischio per i bambini allattati al seno.
R65	Nocivo: può causare danni ai polmoni in caso di ingestione.
R66	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle.
R67	L'inalazione dei vapori può provocare sonnolenza e vertigini.
R68	Possibilità di effetti irreversibili.

<b>Combinazione di Frasi R</b>	
R14/15	Reagisce violentemente con l'acqua liberando gas estremamente infiammabili.
R15/29	A contatto con acqua libera gas tossici e estremamente infiammabili.
R20/21	Nocivo per inalazione e contatto con la pelle.
R20/22	Nocivo per inalazione e ingestione.
R20/21/22	Nocivo per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R21/22	Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione.
R23/24	Tossico per inalazione e contatto con la pelle.
R23/25	Tossico per inalazione e ingestione.
R23/24/25	Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R24/25	Tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R26/27	Molto tossico per inalazione e contatto con la pelle.
R26/28	Molto tossico per inalazione e per ingestione.
R26/27/28	Molto tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R27/28	Molto tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R36/37	Irritante per gli occhi e le vie respiratorie.
R36/38	Irritante per gli occhi e la pelle.
R36/37/38	Irritante per gli occhi, le vie respiratorie e la pelle.
R37/38	Irritante per le vie respiratorie e la pelle.
R39/23	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
R39/24	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.
R39/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/23/24	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle.
R39/23/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
R39/24/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/23/24/25	Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
R39/27	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.
R39/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/26/27	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle.
R39/26/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
R39/27/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26/27/28	Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R42/43	Può provocare sensibilizzazione per inalazione e contatto con la pelle.
R48/20	Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/21	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle.
R48/22	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/20/21	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.
R48/20/22	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e

	ingestione.
R48/21/22	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle e per ingestione.
R48/20/21/22	Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R48/23	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/24	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle.
R48/25	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/23/24	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.
R48/23/25	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione ed ingestione.
R48/24/25	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle e per ingestione.
R48/23/24/25	Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R50/53	Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R51/53	Tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R52/53	Nocivo per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R68/20	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione.
R68/21	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle.
R68/22	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per ingestione.
R68/20/21	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione e a contatto con la pelle.
R68/20/22	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione ed ingestione.
R68/21/22	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle e per ingestione.
R68/20/21/22	Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.

## Allegato 2 – Frasi S

Frasi S in ordine numerico	
S1	Conservare sotto chiave.
S2	Conservare fuori della portata dei bambini.
S3	Conservare in luogo fresco.
S4	Conservare lontano da locali di abitazione.
S5	Conservare sotto ... ( <i>liquido appropriato da indicarsi da parte del fabbricante</i> ).
S6	Conservare sotto ... ( <i>gas inerte da indicarsi da parte del fabbricante</i> ).
S7	Conservare il recipiente ben chiuso.
S8	Conservare al riparo dall'umidità.
S9	Conservare il recipiente in luogo ben ventilato.
S12	Non chiudere ermeticamente il recipiente.
S13	Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.
S14	Conservare lontano da ... ( <i>sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore</i> ).
S15	Conservare lontano dal calore.
S16	Conservare lontano da fiamme e scintille - Non fumare.
S17	Tenere lontano da sostanze combustibili.
S18	Manipolare ed aprire il recipiente con cautela.
S20	Non mangiare né bere durante l'impiego.
S21	Non fumare durante l'impiego.
S22	Non respirare le polveri.
S23	Non respirare i gas/fumi/vapori/aerosoli [ <i>termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore</i> ].
S24	Evitare il contatto con la pelle.
S25	Evitare il contatto con gli occhi.
S26	In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico.
S27	Togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
S28	In caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con ... ( <i>prodotti idonei da indicarsi da parte del fabbricante</i> ).
S29	Non gettare i residui nelle fognature.
S30	Non versare acqua sul prodotto.
S33	Evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche.
S35	Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
S36	Usare indumenti protettivi adatti.
S37	Usare guanti adatti.
S38	In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S39	Proteggersi gli occhi/la faccia.
S40	Per pulire il pavimento e gli oggetti contaminati da questo prodotto, usare ... ( <i>da precisare da parte del produttore</i> ).
S41	In caso di incendio e/o esplosione non respirare i fumi.
S42	Durante le fumigazioni/polimerizzazioni usare un apparecchio respiratorio adatto [ <i>termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore</i> ].
S43	In caso di incendio usare ... (mezzi estinguenti idonei da indicarsi da parte del fabbricante. Se l'acqua aumenta il rischio precisare « Non usare acqua »).
S45	In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile, mostrargli l'etichetta).
S46	In caso d'ingestione consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
S47	Conservare a temperatura non superiore a ... °C ( <i>da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S48	Mantenere umido con ... ( <i>mezzo appropriato da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S49	Conservare soltanto nel recipiente originale.
S50	Non mescolare con ... ( <i>da specificare da parte del fabbricante</i> ).
S51	Usare soltanto in luogo ben ventilato.
S52	Non utilizzare su grandi superfici in locali abitati.
S53	Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S56	Smaltire questo materiale e i relativi contenitori in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali.
S57	Usare contenitori adeguati per evitare l'inquinamento ambientale.

S59	Richiedere informazioni al produttore/fornitore per il recupero/riciclaggio.
S60	Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi.
S61	Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali/ schede informative in materia di sicurezza.
S62	In caso di ingestione non provocare il vomito: consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
S63	In caso di incidente per inalazione, allontanare l'infortunato dalla zona contaminata e mantenerlo a riposo.
S64	In caso di ingestione, sciacquare la bocca con acqua (solamente se l'infortunato è cosciente).

<b>Combinazioni di Frasi S</b>	
S1/2	Conservare sotto chiave e fuori della portata dei bambini.
S3/7	Tenere il recipiente ben chiuso in luogo fresco.
S3/9/14	Conservare in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... ( <i>materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S3/9/14/49	Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... ( <i>materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S3/9/49	Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato.
S3/14	Conservare in luogo fresco lontano da ...( <i>materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S7/8	Conservare il recipiente ben chiuso e al riparo dall'umidità.
S7/9	Tenere il recipiente ben chiuso e in luogo ben ventilato.
S7/47	Tenere il recipiente ben chiuso e a temperatura non superiore a . . °C ( <i>da precisare da parte del fabbricante</i> ).
S20/21	Non mangiare, né bere, né fumare durante l'impiego.
S24/25	Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle.
S27/28	In caso di contatto con la pelle, togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati e lavarsi immediatamente e abbondantemente con ... ( <i>prodotti idonei da indicarsi da parte del fabbricante</i> ).
S29/35	Non gettare i residui nelle fognature; non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
S29/56	Non gettare i residui nelle fognature; smaltire questo materiale e i relativi contenitori in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali.
S36/37	Usare indumenti protettivi e guanti adatti.
S36/37/39	Usare indumenti protettivi e guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S36/39	Usare indumenti protettivi adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S37/39	Usare guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S47/49	Conservare soltanto nel contenitore originale a temperatura non superiore a ... °C ( <i>da precisare da parte del fabbricante</i> ).