

**Università degli Studi di Pavia**

# **Procedure di sicurezza in laboratorio**

**Sostanze chimiche pericolose, gas, liquidi  
criogenici, atex e apparecchiature**

A cura di: Patrizia Cogliati  
Servizio Sicurezza e Radiazioni Ionizzanti  
Università degli Studi di Pavia

*Stampato su carta ecologica/riciclata*

## Sommario

---

<b>1. UN'INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. NORME DI COMPORTAMENTO GENERALI IN LABORATORIO</b>	<b>4</b>
<b>3. AGENTI CHIMICI</b>	<b>6</b>
Manipolazione	6
Conservazione	7
Trasporto e travaso di agenti chimici liquidi	9
Etichette e Schede Dati di Sicurezza	10
<b>4. AGENTI CANCEROGENI E MUTAGENI</b>	<b>11</b>
Manipolazione	11
Conservazione	11
Procedure di emergenza	12
Ulteriori disposizioni	12
<b>5. GAS COMPRESI, LIQUEFATTI, DISCIOLTI E LIQUIDI CRIOGENICI</b>	<b>13</b>
Caratteristiche dei contenitori per lo stoccaggio	13
Rischi connessi all'utilizzo	14
Modalità di stoccaggio e movimentazione delle bombole	15
Manipolazione	16
Norme comportamentali generali	16
Utilizzo delle bombole	16
Operazioni sulla valvola della bombola	17
Operazioni sull'impianto	17
Procedure specifiche per gas liquefatti	18
Procedure specifiche per gas tossici	18
Procedure specifiche per gas corrosivi	18
Procedure specifiche per gas più pesanti dell'aria	18
Procedure specifiche per ossigeno e ossigeno liquido	18
Procedure specifiche per fluidi criogenici	19
Procedure di emergenza	19
<b>6. ATMOSFERE ESPLOSIVE</b>	<b>20</b>
Misure di tutela	21
<b>7. APPARECCHIATURE PERICOLOSE</b>	<b>22</b>
Disposizioni generali	22
Disposizioni specifiche	23

Apparecchiature e dispositivi elettrici.....	23
Apparecchiature con parti meccaniche in movimento.....	23
Apparecchiature con parti in vetro e vetreria.....	23
Apparecchiature con parti ad alta temperatura .....	24
Apparecchiature e dispositivi comportanti l'uso di acqua.....	25
Apparecchiature utilizzatrici di gas metano.....	25
Apparecchiature operanti sotto vuoto e sotto pressione.....	25
<b>8. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....</b>	<b>27</b>
Dispositivi di protezione collettiva (DPC) .....	27
Classificazione delle cappe .....	27
Procedure operative.....	28
Cappe chimiche a ricircolo .....	29
Dispositivi di Protezione Individuale (DPI).....	30
Criteri di scelta e formazione all'uso .....	30
Protezione degli occhi e del viso .....	30
Protezione delle vie respiratorie .....	31
Protezione delle mani e delle braccia .....	32
Altri indumenti protettivi .....	33
<b>9. PROCEDURE DI EMERGENZA .....</b>	<b>34</b>
Dispositivi di emergenza.....	34
Versamento di prodotti chimici.....	34
Liquidi infiammabili e tossici .....	35
Liquidi corrosivi .....	35
Agenti tossici solidi.....	35
Contaminazione personale.....	35
Infortunio o intossicazione.....	36
Operazioni conclusive .....	36
Fuga di gas .....	36
In caso di incendio .....	36
In caso di fuoriuscita di gas infiammabile o comburente .....	36
In caso di fuoriuscita di gas tossico o inerte.....	37
In caso di infortunio o intossicazione.....	37
Operazioni conclusive .....	37
<b>10. PER CONCLUDERE .....</b>	<b>38</b>

## 1. UN'INTRODUZIONE

---

La **conoscenza** della pericolosità delle sostanze chimiche rappresenta l'elemento fondamentale per garantire la massima tutela della salute degli operatori, che operano in strutture in cui l'attività è molto diversificata e le quantità utilizzate sono modeste.

L'attività degli operatori dei laboratori è un'attività impegnativa, che richiede un'**attenzione** e una concentrazione costante. Scarsa conoscenza, distrazione, troppa sicurezza, incoscienza sono tra le cause principali degli incidenti nei laboratori chimici.

Soltanto un comportamento idoneo del personale può ridurre dunque in maniera sensibile il rischio di eventi infortunistici all'interno dei laboratori, ed è idoneo quel comportamento che, rispettando le più elementari norme di sicurezza, permette di lavorare con la massima tranquillità senza sottovalutare qualsiasi potenziale fonte di rischio.

Un laboratorio chimico può essere estremamente pericoloso, per la propria incolumità e per quella degli altri, se non si prestano le dovute cautele: la maggior parte di esse sono comuni norme di buon senso, di logica e di educazione; altre, più specifiche, sono riportate in questo agile libretto a cui è stato dato volutamente un taglio estremamente concreto.

Proporre in maniera schematica quelle essenziali regole pratiche, dalle quali non si può prescindere se si vuole lavorare in sicurezza, può servire per richiamare l'attenzione anche su quegli aspetti che, a causa della dimestichezza e della confidenza del proprio lavoro, spesso si tende a sottovalutare o a dare per scontati.

*Davide Barbieri*

*RESPONSABILE DEL SERVIZIO PREVENZIONE E PROTEZIONE*

## 2. NORME DI COMPORTAMENTO GENERALI IN LABORATORIO

---

Coloro che hanno accesso ai laboratori sono tenuti a rispettare le seguenti norme di carattere generale:

- attenersi scrupolosamente alle **procedure operative** generali e a quelle specifiche definite dal Responsabile delle attività;
- informare tempestivamente il Responsabile delle attività di qualsiasi situazione pericolosa creatasi e del **cattivo funzionamento** di apparecchiature, dispositivi di protezione individuale e collettiva, dispositivi di emergenza;
- non lavorare **mai da soli** durante le attività che presentino, nel giudizio del Responsabile, un certo grado di pericolosità, soprattutto al di fuori dell'orario di lavoro;
- avvertire i colleghi prima di eseguire qualsiasi operazione particolarmente pericolosa;
- non avvicinarsi a zone ove si effettuano operazioni pericolose, se non vi è necessità;
- rispettare la **segnaletica** di sicurezza presente;
- non tenere nei laboratori quanto non sia strettamente necessario per lo svolgimento delle esperienze (ad es. effetti personali), in particolare materiali ingombranti o facilmente combustibili;
- indossare sempre il **camice** di protezione; evitare l'uso di camici in materiali sintetici, in particolare se acrilici, in quanto condensano l'elettricità elettrostatica e possono dar luogo a scintille; inoltre, in caso prenda fuoco, il materiale acrilico fonde ed aderisce al corpo dell'infortunato;

- indossare sempre gli **occhiali di sicurezza** in laboratorio;
- tenere pulito e in ordine il banco di lavoro, le cappe, gli strumenti e le attrezzature di uso comune; prima di lasciare il laboratorio al termine del lavoro accertarsi che le apparecchiature utilizzate, eccetto quelle necessarie, siano state spente;
- osservare le basilari norme igieniche (es. lavarsi le mani alla fine del lavoro, ecc.);
- non usare recipienti privi di una chiara **etichettatura** per la conservazione di sostanze chimiche ed evitare di lasciare in laboratorio materiale non identificabile;
- non usare recipienti o apparecchiature da laboratorio (es. frigoriferi) come contenitori di sostanze alimentari;
- non fumare, può essere causa di incendi;
- non ingerire alimenti o bevande, non masticare chewing-gum, non truccarsi in laboratorio;
- non mettersi lenti a contatto, poiché possono essere causa di un accumulo di sostanze nocive e, in caso di incidente, possono peggiorarne le conseguenze o pregiudicare le operazioni di primo soccorso;
- indossare scarpe chiuse (non indossare sandali o scarpe traforate) e, per talune operazioni (es. travaso, spostamento di materiale pesante), scarpe di sicurezza;
- raccogliere dietro la nuca i capelli lunghi;
- raccogliere, separare e smaltire in modo corretto i rifiuti chimici: **non scaricare rifiuti nei lavandini.**

### 3. AGENTI CHIMICI

---

Si definiscono “sostanze” o “miscele” elementi chimici e loro composti, allo stato naturale o ottenuti per mezzo di un procedimento di fabbricazione, compresi gli additivi necessari a mantenerne la stabilità e le impurità derivanti dal procedimento utilizzato.

Si definiscono **agenti chimici pericolosi** sostanze o miscele che corrispondono ai criteri relativi ai pericoli fisici, per la salute o per l'ambiente definiti nell'allegato I del Regolamento CLP. Tali sostanze sono considerate pericolose e classificate nelle rispettive classi di pericolo contemplate in detto allegato.



L'impiego di agenti chimici è riservato solo a coloro che hanno ricevuto adeguata informazione e **formazione** sulle corrette procedure da osservare.



#### **Manipolazione**

L'utilizzo di agenti chimici richiede attenzione e il rispetto di alcune regole fondamentali:

- leggere sempre attentamente l'**etichetta** sul contenitore, che fornisce le prime indicazioni sulla pericolosità e sulle precauzioni da adottare; tali indicazioni sono integrate da quelle contenute nella **Scheda Dati di Sicurezza**, che deve sempre essere **consultata prima** di utilizzare un agente chimico pericoloso per la prima volta e ogniqualvolta non se ne conoscono le caratteristiche di pericolosità;
- considerare pericoloso un prodotto di cui non si conoscono le proprietà fisico-chimiche e/o tossicologiche;
- non effettuare operazioni di qualsiasi tipo se non si è sicuri degli effetti che avranno luogo; in caso di dubbio o incertezza, riferirsi sempre al Responsabile delle attività;



- non lasciare **incustodite** le reazioni in corso a meno che gli apparecchi impiegati non siano specificatamente qualificati per funzionare in sicurezza in assenza di operatori;
- predisporre adeguate misure di sicurezza per le reazioni particolarmente pericolose (es. reazioni fuggitive), isolandole se necessario in aree del locale appositamente dedicate e protette;
- non sostituire all'interno di un esperimento o di un'operazione di routine un prodotto con un altro senza autorizzazione del Responsabile delle attività: ogni sostanza ha caratteristiche fisiche, chimiche e tossicologiche proprie;
- utilizzare i Dispositivi di Protezione Individuale indicati nella Scheda Dati di Sicurezza della sostanza manipolata e/o suggeriti dal Responsabile delle attività;
- operare sotto cappa chimica, qualora la pericolosità del prodotto lo renda necessario, ad efficienza idonea alla sostanza manipolata;
- non annusare un prodotto per identificarne la natura;
- non utilizzare pipette a bocca, ma sistemi di aspirazione/erogazione (es. propipette).



### ***Conservazione***

In laboratorio è consentito tenere agenti chimici nelle **quantità strettamente necessarie** alle sperimentazioni in corso, all'interno di armadi chiusi, preferibilmente di sicurezza.

E' da evitare l'utilizzo di scaffali aperti.

Le scorte devono essere immagazzinate in locali separati, meglio se esterni, adeguatamente compartimentati, dotati di idonei dispositivi antincendio e di adeguata areazione (finestre, sistemi di ventilazione forzata); ai piani si possono prevedere locali separati dai laboratori ove conservare i prodotti necessari durante la settimana lavorativa.

Gli **armadi** devono essere posizionati lontano da corridoi, da aree di lavoro, dalle vie di accesso ai laboratori e in generale ai locali, da uscite di sicurezza, da fiamme libere e fonti di calore (bunsen, stufe, piastre riscaldanti, ecc.) e non devono ostacolare il raggiungimento di dispositivi di emergenza (estintori, cassetta del primo soccorso, stazioni di lavaggio oculari, ecc.). Gli armadi aspirati, in particolare, devono essere posizionati in modo tale che sia possibile il convogliamento del flusso d'aria in espulsione verso l'esterno.

Il reagentario deve essere un armadio a ripiani in materiale ignifugo e resistente agli acidi, preferibilmente di sicurezza (armadi aspirati/antincendio) per particolari categorie di prodotti (acidi, basi, sostanze infiammabili e/o tossiche), dotato di porte che ne permettano la chiusura; inoltre deve essere dotato di:

- ripiani con bordo esterno rialzato per evitare lo scivolamento dei contenitori e per contenere eventuali perdite o versamenti; in alternativa si possono usare vaschette di materiale idoneo ove riporre flaconi e bottiglie;
- vasca di raccolta almeno alla base della pila di ripiani;
- indicazione dei pericoli dei prodotti contenuti, mediante apposita segnaletica di sicurezza;
- particolari caratteristiche di resistenza al fuoco, se trattasi di armadio per infiammabili.

Su ogni armadio deve inoltre essere affisso:

- l'elenco dei prodotti contenuti con relative indicazioni di pericolo e data di aggiornamento dell'elenco stesso;
- i riferimenti su dove trovare le relative schede di sicurezza;
- il nome e numero telefonico del Responsabile delle attività/di laboratorio.

All'interno degli armadi, i prodotti devono essere disposti in modo tale che:

- i corrosivi, i caustici e gli irritanti si trovino al di sotto del livello degli occhi;
- nei ripiani inferiori trovino posto i contenitori più grandi e le sostanze più pericolose;
- i contenitori non siano ammassati uno sopra l'altro e non sovraccarichino troppo il ripiano;

- i contenitori rechino idonea etichetta con indicazione almeno del nome chimico della sostanza o del preparato, della classe e del simbolo di pericolo;
- siano rispettate le eventuali indicazioni particolari indicate nella Scheda Dati di Sicurezza (voce manipolazione e stoccaggio);
- siano rispettate le reciproche incompatibilità;
- siano separati i solidi dai liquidi;
- siano al riparo dall'azione diretta dei raggi solari e da altre fonti di calore.

Alcune sostanze necessitano di precauzioni particolari:

- gli infiammabili devono essere alloggiati in armadi antincendio ad uso esclusivo; quelli che necessitano di basse temperature, devono essere conservati in frigoriferi ad esecuzione antiscintilla, cioè privi di contatti elettrici interni;
- gli agenti ad elevata tossicità devono essere riposti separatamente in armadi preferibilmente aspirati e chiusi a chiave;
- per i prodotti particolarmente reattivi e soggetti a diminuzione della loro stabilità chimica col tempo o a contatto con l'aria (es. perossidi organici, acido perclorico, ecc.) dovrebbe essere indicata sull'etichetta la data di acquisto e quella di apertura.



### ***Trasporto e travaso di agenti chimici liquidi***

Lo spostamento, la movimentazione e il trasferimento di sostanze chimiche liquide richiedono precauzioni particolari:

- non travasare solventi da fusti a bottiglie in laboratorio; il travaso deve essere effettuato in locale idoneo, separato dal laboratorio, e da personale autorizzato dal Direttore o dal Responsabile delle attività;
- collegare elettricamente a terra i fusti metallici contenenti liquidi infiammabili, durante le operazioni di travaso;
- utilizzare secchielli in plastica muniti di manico, per il trasporto di liquidi contenuti in bottiglie e flaconi; per trasporti di un certo peso utilizzare il carrello;

- non trasportare contemporaneamente nello stesso secchiello o carrello prodotti chimici incompatibili (es. sostanze comburenti e liquidi infiammabili).



### ***Etichette e Schede Dati di Sicurezza***

L'**etichetta** di una sostanza o di un preparato permette di identificare immediatamente e sinteticamente i principali rischi chimico-fisici e tossicologici noti.

Sulle etichette si trovano i seguenti elementi:

- pittogrammi, neri su sfondo bianco e cornice rossa;
- indicazioni di pericolo H, che descrivono la natura del pericolo;
- consigli di prudenza P che forniscono indicazioni sintetiche sulle modalità per operare in sicurezza.

Le informazioni riportate in etichetta riguardano i principali pericoli. Prima di utilizzare qualunque prodotto, è necessario osservarla e comprenderla.

Le **schede dati sicurezza** (SDS) rappresentano un documento completo con tutte le informazioni necessarie. Le SDS sono gratuite, devono accompagnare obbligatoriamente (Regolamento CE 1907/2006 REACH) i prodotti pericolosi in commercio e sono composte da 16 voci standardizzate, redatte nella lingua del Paese di impiego. Contengono le informazioni più importanti per la tutela dell'uomo e dell'ambiente contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro. Devono essere aggiornate ogni volta vengano acquisite nuove conoscenze sulle proprietà dell'agente chimico. Anche la scheda deve essere letta e consultata sempre PRIMA dell'inizio di una qualunque operazione di manipolazione. Può essere anche acquisita prima dell'approvvigionamento, per valutare il rischio e scegliere i prodotti meno pericolosi.



## 4. AGENTI CANCEROGENI E MUTAGENI

---



Sono agenti cancerogeni, mutageni:

- gli agenti chimici pericolosi classificati con le indicazioni di pericolo:
  - H350 – può provocare il cancro;**
  - H350i – può provocare il cancro per inalazione;**
  - H340 – può provocare alterazioni genetiche ereditarie;**
- i preparati che contengono più dello **0,1%** di sostanze etichettate con le suddette indicazioni di pericolo.



### **Manipolazione**

L'utilizzo di agenti cancerogeni e/o mutageni richiede attenzione e il rispetto di alcune regole fondamentali:

- minimizzare il numero degli operatori che manipolano tali agenti;
- minimizzare i quantitativi utilizzati;
- isolare le lavorazioni con agenti cancerogeni o mutageni;
- segnalarne il pericolo con idonea cartellonistica (triangolo con teschio nero in campo giallo) e vietare l'accesso al personale non autorizzato;
- utilizzare cappe chimiche ad alta efficienza (classe C con velocità frontale possibilmente pari a 0,7 m/s) o glove box (in particolare per le polveri), appositamente dedicate;
- utilizzare i Dispositivi di Protezione Individuali indicati nella SDS dell'agente utilizzato ovvero suggeriti dal Responsabile delle attività;
- compilare per ogni manipolazione l'apposito Registro di utilizzo giornaliero individuale di agenti cancerogeni e mutageni, fornito dall'Ateneo, seguendo attentamente le istruzioni fornite (registro giallo);



### **Conservazione**

Riporre, dopo ogni utilizzo, i contenitori in armadio di sicurezza antincendio, chiuso a chiave, posizionato in luogo segnalato e separato dalle attività di laboratorio.

Separare gli agenti cancerogeni o mutageni dagli altri agenti chimici.



### ***Procedure di emergenza***

In caso di incendio:

- astenersi da qualsiasi intervento;
- abbandonare il locale;
- avvisare la squadra di emergenza;
- riferire ai VV.F. la presenza di agenti cancerogeni o mutageni nel locale che ha preso fuoco;
- effettuare misurazioni di contaminazione ambientale prima di riprendere l'attività (interpellare il Servizio Prevenzione e Protezione).

In caso di versamenti cospicui di materiale:

- rendere temporaneamente inagibile il locale, fino a che non siano state condotte operazioni di pulizia adeguate e misurazioni di contaminazione ambientale;
- aerare il locale prima di riprendere l'attività lavorativa.

In caso di intossicazione:

- consultare la Scheda Dati di Sicurezza dello specifico prodotto.



### ***Ulteriori disposizioni***

Informare tempestivamente il Servizio Prevenzione e Protezione di ogni nuova attività comportante l'utilizzo di tali agenti, anche attraverso la compilazione di apposite schede informative, a disposizione sul sito Internet (<http://www.unipv.it/safety>).

## 5. GAS COMPRESSI, LIQUEFATTI, DISCIOLTI E LIQUIDI CRIOGENICI

---



Sulla base delle caratteristiche fisiche i gas possono essere classificati come:

**Gas compresso.** Fluido con temperatura critica inferiore a  $-10^{\circ}\text{C}$  e trasportato allo stato gassoso compresso ad alta pressione in opportuni recipienti. La pressione dipende essenzialmente dalla quantità di gas introdotto. Esempio: azoto.

**Gas liquefatto sotto pressione.** Fluido con temperatura critica maggiore o uguale a  $-10^{\circ}\text{C}$  che nel recipiente è allo stato liquido in equilibrio con la sua fase gassosa, la cui pressione dipende dalla temperatura. Esempi: Gas Petroliferi Liquefatti, GPL (propano e butano e loro miscele), cloro, ammoniaca, anidride carbonica.

**Gas disciolto.** E' così denominato un gas disciolto in opportuno solvente sotto pressione. Esempio: acetilene disciolto in acetone.

**Liquido criogenico o gas liquefatto a bassa temperatura.** Per liquidi criogenici si intendono quei fluidi che hanno un punto di ebollizione inferiore a  $-153^{\circ}\text{C}$  e che pertanto possono essere liquefatti solamente a bassa temperatura ed essere conservati in recipienti isolati termicamente. Essi possono essere distribuiti come liquidi ed eventualmente vaporizzati opportunamente presso l'utilizzatore. Esempi: azoto liquido, elio liquido.

### ***Caratteristiche dei contenitori per lo stoccaggio***

**Bidoni.** In lamiera d'acciaio saldata per fusione; pressione di carica minore di  $20 \text{ kg/cm}^2$ ; capacità fra 5 l e 150 l per lo stoccaggio ed il trasporto di gas liquefatti.

**Dewar.** Contenitori utilizzati per lo stoccaggio ed il trasporto dei fluidi criogenici, costituiti con materiali in grado di sopportare brusche ed elevate variazioni di temperatura, dotati di intercapedine ove deve essere mantenuto il vuoto per garantire l'isolamento termico del contenuto; possono essere di tipo aperto a pressione atmosferica oppure dotati di valvole e sistemi per il mantenimento del contenuto sotto pressione.

**Bombole.** In tubo d'acciaio o leghe leggere senza saldature; pressione di carica maggiore di 20 kg/cm<sup>2</sup>; capacità sino a 150 l per lo stoccaggio ed il trasporto di gas liquefatti, compressi, disciolti.

Ai fini della sicurezza è essenziale l'identificazione certa del gas.

I parametri principali per l'identificazione sono:

- colore dell'ogiva;
- punzonatura.

In generale la colorazione dell'ogiva della bombola non identifica il gas ma solo il rischio principale associato al gas.

Sull'ogiva si riscontrano, inoltre, altre descrizioni quali :

- il numero di matricola;
- la data dell'ultimo collaudo;
- il contenuto;
- la norma di riferimento e altro.

È inoltre presente l'etichetta. L'etichettatura delle bombole deve rispettare le norme previste per il trasporto, nonché per la classificazione, imballaggio ed etichettatura delle merci pericolose.

E' attaccata sull'ogiva della bombola e deve essere in ottimo stato per una corretta leggibilità.

In caso di deterioramento deve essere immediatamente sostituita.



### ***Rischi connessi all'utilizzo***

I rischi derivanti dall'utilizzo di gas derivano da un lato dalla natura chimica del fluido stesso e dall'altro dal suo stato fisico, caratterizzato da alta pressione e/o bassa temperatura.

Il rischio associato all'utilizzo di questi agenti è conseguente alla loro dispersione in atmosfera ed al loro eventuale accumulo, causato da un utilizzo non controllato o improprio, nonché da perdite e fughe, dovute a danni agli impianti a causa di eventi accidentali. Non si deve trascurare il rischio dovuto allo sviluppo non intenzionale di gas in conseguenza di reazioni chimiche.

Nel caso di accumulo in ambiente si possono prevedere le seguenti conseguenze:



- rischio di intossicazioni e danni alla salute (gas tossici e/o corrosivi);
- rischio di esplosione e incendio (gas infiammabili);
- rischio di sovraossigenazione (ossigeno) con aumento delle probabilità di innesco di sostanze combustibili;
- rischio di sottossigenazione: asfissia (rischio generale, valido per tutti i gas diversi dall'aria e dall'ossigeno; sversamento accidentale di fluidi criogenici);
- aumento incontrollato della pressione interna, con possibilità di danni ed eventuale cedimento strutturale del contenitore stesso, in caso di repentino innalzamento della temperatura dei contenitori;
- ustioni dovute alla bassa temperatura, in caso di contatto accidentale con liquidi criogenici;
- reazioni incontrollate fra sostanze incompatibili in caso di contatto accidentale per imperizia, imprudenza, eventi accidentali.

Le attività che coinvolgono gas e fluidi criogenici devono essere riservate solo a coloro che hanno ricevuto dal Responsabile delle attività adeguata informazione e formazione sulle corrette procedure da osservare. Devono essere inoltre adottate tutte le necessarie precauzioni di tipo tecnico ed impiantistico necessarie ad assicurare un elevato grado di protezione collettiva, quali ad esempio dispositivi di protezione degli impianti (valvole di sicurezza di varia natura) e degli operatori nell'ambiente di lavoro (sistemi di ventilazione efficienti, sensori di concentrazione).

Il Responsabile delle attività deve assicurarsi che le operazioni siano svolte secondo procedure standard codificate e condivise.



### ***Modalità di stoccaggio e movimentazione delle bombole***

Le bombole che, sotto la personale responsabilità del Responsabile delle attività e del Direttore della Struttura, dovessero essere mantenute in laboratorio durante lo svolgimento di particolari attività, non devono essere lasciate incustodite e devono essere riposte nel deposito dopo l'utilizzo.

E' necessario controllare, in caso di bombole poco usate o di proprietà, l'eventuale scadenza di collaudo, punzonata sull'ogiva.

Ogni bombola deve essere:

- immagazzinata in posizione verticale e saldamente fissata con catene o cinghie o mediante appositi sostegni, o su carrello, per evitarne la caduta accidentale;
- immagazzinata in maniera tale da non pregiudicarne la percezione immediata del colore dell'ogiva;
- contraddistinta da etichette del tipo "PIENA IN USO" – "PIENA DI RISERVA" – "VUOTA";
- movimentata e immagazzinata (se non in uso) con il cappello di protezione valvola installato e, per gas tossici, anche con il tappo di sicurezza avvitato;
- movimentata utilizzando idonei carrelli e indossando scarpe di sicurezza e guanti da lavoro, senza trascinare né far rotolare il corpo cilindrico.



### ***Manipolazione***

La manipolazione di gas compressi, liquefatti, disciolti sotto pressione e fluidi criogenici richiede attenzione e il rispetto di alcune regole fondamentali.

### **Norme comportamentali generali**

- Seguire le indicazioni riportate nelle Schede Dati di Sicurezza della sostanza che la Ditta fornitrice deve rilasciare all'atto del primo acquisto; le schede devono essere disponibili presso il laboratorio, divulgate e studiate da parte degli utenti.
- Indossare idonei DPI in funzione del rischio specifico associato a ciascun tipo di gas e al suo stato fisico.
- NON effettuare lavorazioni pericolose in depositi di bombole.

### **Utilizzo delle bombole**

- Accertarsi dell'esatta natura del gas contenuto nella bombola.

- NON vuotare mai completamente le bombole, ma lasciare una pressione residua di gas.
- Chiudere accuratamente le bombole vuote, riposizionando il cappello ed eventualmente il tappo di sicurezza.
- NON riempire le bombole.
- NON sottoporre le bombole a trattamenti o eventi che ne pregiudichino la resistenza: shock termici, archi elettrici, urti e cadute.
- NON utilizzare le bombole per nessun altro scopo differente.

### **Operazioni sulla valvola della bombola**

- Aprire e chiudere la valvola lentamente e con regolarità.
- NON manomettere o forzare con utensili ma operare sulle valvole con la sola forza delle mani, sia in fase di apertura che in fase di chiusura.
- NON usare fiamme o corpi incandescenti per sbloccare valvole eventualmente congelate: usare aria calda.
- NON aprire la valvola senza aver prima installato il riduttore di pressione, assicurandosi che il raccordo d'uscita sia esente da sporcizia, oli, grassi.
- Chiudere le valvole dopo l'erogazione del gas.
- In caso di malfunzionamento di una bombola, metterla al sicuro nel deposito e comunque all'esterno dell'edificio, in luogo isolato ed aerato; avvisare il Responsabile delle attività, senza porre in atto tentativi di riparazione.

### **Operazioni sull'impianto**

- NON lubrificare nessun componente dell'impianto di distribuzione dei gas.
- Usare esclusivamente i raccordi specifici in funzione del tipo di gas.
- NON operare su raccordi in pressione.
- Assicurarsi che la valvola della bombola sia chiusa prima di rimuovere il riduttore di pressione.
- Effettuare le prove di tenuta utilizzando esclusivamente acqua saponata o altri schiumogeni.
- EVITARE elevate pressioni in linea o nel riduttore di pressione in condizioni di inattività.

- Chiudere prima la valvola della bombola, quindi la valvola del riduttore di pressione, infine la valvola di regolazione del flusso o della portata.

### **Procedure specifiche per gas liquefatti**

- EVITARE il raffreddamento delle bombole in conseguenza di flussi elevati di gas.
- EVITARE fenomeni di risucchio che si possono verificare nel caso di bombole immagazzinate a temperature ambientali particolarmente basse.

### **Procedure specifiche per gas tossici**

- NON movimentare bombole di gas tossici prive di tappo di sicurezza.
- Curare la perfetta tenuta dei raccordi.
- Conservare le bombole in armadi, box, o bunker chiusi a chiave.

### **Procedure specifiche per gas corrosivi**

- Scollegare le bombole dopo l'uso e sottoporre l'impianto a lavaggio con flussi di azoto secco.
- Curare la perfetta tenuta dei raccordi.

### **Procedure specifiche per gas più pesanti dell'aria**

- NON immagazzinare bombole, anche vuote, ai piani interrati o seminterrati.
- EVITARE fughe e ristagni in cunicoli e scantinati.
- Accertarsi dell'assenza di pericoli di asfissia mediante rilevatori di carenza di ossigeno, prima di accedere a scantinati, seminterrati, cunicoli.
- Accertarsi dell'assenza di pericoli di esplosione e/o intossicazione, prima di accedere a scantinati, seminterrati, cunicoli.

### **Procedure specifiche per ossigeno e ossigeno liquido**

- Non operare su recipienti ed impianti di distribuzione di ossigeno ed ossigeno liquido con mani, guanti, abiti sporchi di grasso o altre sostanze infiammabili.

- EVITARE il contatto dell'ossigeno liquido con QUALSIASI tipo di materiale COMBUSTIBILE.
- Porre attenzione al pericolo di impregnazione e saturazione di abiti e materiali porosi venuti a contatto con ossigeno.

### **Procedure specifiche per fluidi criogenici**

- EVITARE il contatto prolungato dell'azoto liquido con l'aria: pericolo di condensazione e formazione di ossigeno liquido
- EVITARE il contatto accidentale con liquidi o gas evaporati che si trovano ancora a basse temperature.
- NON toccare con la pelle non protetta tubazioni e recipienti contenenti fluidi criogenici: pericolo di congelamento della pelle.
- NON rovesciare i liquidi criogenici non utilizzati negli scarichi o sul pavimento.
- Utilizzare esclusivamente aria calda per sbloccare valvole congelate.
- Indossare guanti adatti, occhiali di sicurezza e soprascarpe, in caso di travasi.

### **Procedure di emergenza**

La disponibilità di procedure operative di emergenza in funzione dei possibili eventi accidentali attesi costituisce un indispensabile sistema di protezione dai rischi associati ai gas; tali procedure devono essere disponibili e conosciute da tutti gli operatori. Le schede di sicurezza contengono le informazioni necessarie all'elaborazione di tali procedure.



## 6. ATMOSFERE ESPLOSIVE

---

Per “atmosfera esplosiva” si intende una miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo l'accensione, la combustione si propaga all'insieme della miscela incombusta.

Si definiscono, in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive, le seguenti zone (Norme CEI 31/30):

- **Zona 0.** Area in cui è **presente in permanenza** o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia.
- **Zona 1.** Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva, consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia, è **probabile** che avvenga occasionalmente durante le normali attività.
- **Zona 2.** Area in cui durante le normali attività **non è probabile** la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia o, qualora si verifici, sia unicamente di breve durata.

Data l'estrema diversificazione delle attività in ambito universitario, la variabilità e le esigue quantità di sostanze impiegate, risulta difficile prevedere la possibilità di formazione di atmosfere potenzialmente esplosive; tale situazione è ipotizzabile soprattutto in caso di eventi accidentali ed in luoghi particolarmente confinati (es. frigoriferi, depositi). Il rischio maggiore è connesso alla presenza di gas infiammabili (metano, idrogeno, acetilene, ecc.). Si ritiene opportuno richiamare l'attenzione anche nei confronti dei depositi di solventi infiammabili, nonché sul particolare “ambiente di lavoro” rappresentato dalla cappa chimica, che, come mostra l'esperienza, può diventare un possibile luogo pericoloso a causa della potenziale formazione di atmosfere esplosive, in funzione dell'efficienza di aspirazione e della natura degli agenti utilizzati in particolari attività.

### **Misure di tutela**

Il pericolo di atmosfera esplosiva è comunicato mediante apposita cartellonistica, accompagnata da altri tipi di segnalazioni (divieto di usare fiamme libere, divieto di portare telefoni cellulari accesi, ecc.) in tutti i luoghi classificati come zone pericolose (zone 0, 1 e 2).

In tutti i luoghi classificati devono inoltre essere predisposti altri tipi di interventi organizzativo – gestionali:

- procedure operative specifiche scritte per l'esecuzione di attività comportanti la formazione di atmosfere esplosive (accesso e permanenza a laboratori e depositi; conservazione, manipolazione e trasporto di agenti chimici infiammabili o esplosivi; utilizzo di particolari apparecchiature), dandone adeguata informazione a tutti gli operatori anche mediante affissione di istruzioni scritte permanenti nei locali interessati;
- limitazione della concentrazione in ambiente delle sostanze infiammabili mediante un'adeguata ventilazione sia naturale che forzata (finestre aperte, utilizzo di cappe, impianti di reintegro dell'aria, ecc.); dove possibile sostituire gli infiammabili con sostanze non infiammabili;
- evitare accumuli di polvere, in quanto strati, depositi o cumuli di polvere combustibile sono considerati come qualsiasi altra fonte che possa formare un'atmosfera esplosiva;
- verifica periodica delle condizioni di sicurezza dei dispositivi (raccordi, valvole, riduzioni) degli impianti di distribuzione di gas infiammabili e le condizioni di sicurezza delle apparecchiature elettriche;
- regolamentazione dell'accesso e della partecipazione alle attività che comportano rischi particolari con il controllo diretto di personale qualificato.



## 7. APPARECCHIATURE PERICOLOSE

---

Per “apparecchiature pericolose” si intendono tutti quegli strumenti che, durante il normale funzionamento, presentano parti in movimento, sotto tensione, con temperature elevate, comportanti l’uso di acqua, in pressione o sotto vuoto.

Si elencano le disposizioni, generali e specifiche, da osservare in caso di utilizzo di apparecchiature pericolose.

### ***Disposizioni generali***

- Utilizzare esclusivamente **apparecchiature a norma**: marchio CE per le apparecchiature di recente acquisizione, idonea certificazione del rispetto delle norme per le apparecchiature non nuove; tutte le macchine o apparecchiature elettriche nuove che si intendono acquistare o acquisire gratuitamente devono essere munite di marcatura CE;
- prima di utilizzare un'apparecchiatura, leggere attentamente il **manuale di istruzioni** relativo e le procedure operative specifiche eventualmente redatte dal Direttore o dal Responsabile delle attività, che hanno l'obbligo di formare ed informare il personale addetto al suo utilizzo;
- apposita **cartellonistica** deve segnalare i pericoli eventualmente associati ad ogni apparecchiatura e le relative misure di prevenzione e protezione da adottare (divieti, obblighi);
- l'apposito libretto deve riportare i regolari **controlli** periodici e la manutenzione delle apparecchiature utilizzate, così come previsto dal costruttore;
- conoscere la posizione dei **sistemi di intercettazione** degli impianti collegati alle macchine, su cui intervenire in caso di necessità (interruttori di sgancio dell'alimentazione elettrica, valvole e rubinetti sulle linee dei gas, saracinesche dell'impianto idrico);
- qualora, nel rispetto delle norme di sicurezza, gli apparati possano essere mantenuti in uso senza custodia, lasciare in evidenza almeno le seguenti informazioni: dati e numero di telefono del responsabile dell'esperimento in corso, tipo di esperimento e durata, sostanze e materiali in uso, procedure di spegnimento dell'apparecchiatura in caso di emergenza;



- valutare i rischi associati all'esperimento in corso e le relative contromisure, per essere preparati ad affrontare eventuali situazioni di emergenza.

### ***Disposizioni specifiche***



#### **Apparecchiature e dispositivi elettrici**

- Proteggere i cavi di alimentazione da eventuali fenomeni di danneggiamento accidentale e logorio (schiacciamento, taglio, corrosione, calore);
- evitare l'uso di prolunghe, prese multiple, riduzioni e ciabatte;
- proteggere le connessioni elettriche dal contatto accidentale con acqua o altri materiali conduttori.



#### **Apparecchiature con parti meccaniche in movimento**

- Segnalare e mantenere sgombro il raggio d'azione; interdire eventualmente l'area, anche delimitando con cancelletti dotati di microinterruttori;
- fissare saldamente parti ed accessori, eventualmente con sistemi atti a smorzare le vibrazioni, soprattutto nel caso d'uso di vetreria;
- valutare gli effetti delle vibrazioni sull'apparato, su accessori e dispositivi correlati, sull'ambiente di lavoro circostante.



#### **Apparecchiature con parti in vetro e vetreria**

- Sostituire, ove possibile, le apparecchiature in vetro con altre realizzate in plastica o in materiale metallico;
- controllare accuratamente l'apparecchiatura prima di ogni esperimento, accertandosi che sia esente da difetti ed incrinature;
- prima di operare, accertarsi che la vetreria sia perfettamente integra; la vetreria più volte utilizzata e sottoposta a raggi ultravioletti o stress termici tende a diventare fragile;
- montare ed utilizzare le apparecchiature in vetro in maniera tale da evitare l'insorgere di tensioni meccaniche e/o vibrazioni;

- evitare bruschi sbalzi termici; l'uso di fiamme libere è vivamente sconsigliato, a vantaggio dell'uso di mantelli o bagni riscaldati elettricamente;
- utilizzare vetreria specifica per usi particolari (es. vetro pirex se deve essere scaldato o impiegato in forni);
- schermare adeguatamente le apparecchiature in vetro che operano sotto vuoto o sotto pressione o con parti in movimento;
- disporre, sotto apparecchiature in vetro che contengono agenti chimici pericolosi, recipienti di raccolta, che trattengano il materiale in caso di rotture accidentali;
- proteggere le mani con guanti resistenti al taglio ed utilizzare sempre occhiali di sicurezza o schermo facciale;
- trasportare recipienti in vetro (bottiglie, palloni, ecc.) sostenendoli sul fondo o utilizzando dei contenitori;
- raccogliere la vetreria rotta e i frammenti di vetro negli appositi contenitori rigidi avendo cura di non usare le mani nude per compiere tale operazione ma utilizzando pinze, scopine e palette con guanti antitaglio; il vetro non contaminato da agenti chimici o altre sostanze deve essere riciclato negli appositi contenitori.



### **Apparecchiature con parti ad alta temperatura**

- Utilizzare apparati riscaldanti con controllo della temperatura tramite termostati e sistemi di sicurezza;
- segnalare le parti calde, soprattutto durante la fase di raffreddamento dopo l'uso nel caso di apparati riscaldanti quali mantelli, piastre e bagni;
- verificare la resistenza termica dei materiali a contatto o sottoposti all'azione delle sorgenti di calore e nello spazio circostante (banco, mensole, scaffali, ecc);
- lasciare a disposizione ed utilizzare guanti termici per la protezione delle mani.



### **Apparecchiature e dispositivi comportanti l'uso di acqua**

- Adeguare pressione e flusso alle caratteristiche dell'apparato, tenendo conto degli effetti di eventuali sbalzi sulla rete idrica dovuti a condizioni particolari (es. aumento della pressione durante le ore notturne);
- bloccare le estremità dei tubi con opportune fascette, per evitare getti incontrollati in caso di distacco accidentale dei giunti;
- evitare il contatto dell'acqua con parti sotto tensione (es. apparati elettrici, prese), fluidi surriscaldati (es. bagni ad olio), sostanze incompatibili con cui possa reagire violentemente o dar luogo a prodotti pericolosi, prevedendo tutti i possibili eventi accidentali, quali distacco o rottura dei tubi, danni agli apparati, soprattutto nel caso di parti in vetro, etc.



### **Apparecchiature utilizzatrici di gas metano**

- Limitare il più possibile l'utilizzo di fiamme libere all'interno dei laboratori, utilizzando in alternativa mantelli o bagni riscaldati elettricamente;
- utilizzare solo apparati dotati di rubinetto di sicurezza a scatto, termocoppia di sicurezza e tubi di collegamento flessibili a norma UNI-CIG, da sostituire ogni 5 anni;
- conoscere l'ubicazione delle valvole di intercettazione sulla linea di alimentazione del gas metano;
- isolare all'interno del laboratorio la zona di lavoro dedicata all'utilizzo di fiamme libere distante almeno 150 cm da tutti gli infiammabili (ad es. solventi organici, carta, ecc.);
- utilizzare il gas metano esclusivamente sotto cappa.



### **Apparecchiature operanti sotto vuoto e sotto pressione**

- Controllare accuratamente l'apparecchiatura prima di ogni utilizzo, accertandosi che sia esente da difetti, incrinature, danneggiamenti;
- utilizzare esclusivamente parti ed accessori idonei all'uso sotto pressione o sotto vuoto, soprattutto per quanto riguarda le parti in vetro;

- utilizzare gli opportuni accorgimenti per garantire la tenuta di giunti e flange e renderne agevole e sicuro lo smontaggio, soprattutto nel caso di parti in vetro;
- schermare opportunamente l'apparecchiatura, in modo da separarla fisicamente dall'operatore e dall'area circostante;
- indossare occhiali di sicurezza o utilizzare schermo facciale;
- dare indicazioni sulle procedure per il ripristino della pressione atmosferica in condizioni di sicurezza;
- utilizzare le autoclavi solo se specificamente addestrati.

## 8. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

---

### **Dispositivi di protezione collettiva (DPC)**

I principali dispositivi di protezione collettiva, per la tutela della salute degli operatori dal rischio derivante dall'uso e manipolazione di agenti chimici pericolosi (vapori, fumi, aerosol, polveri) in laboratorio, sono rappresentati dalle **cappe chimiche** e dai relativi impianti di aspirazione, che di esse costituiscono la parte fondamentale. Tali sistemi proteggono l'operatore da schizzi, incendi o esplosioni, infortuni e danni alla salute, rimuovendo efficacemente vapori, gas e polveri che si diffondono durante le operazioni e riducendo al minimo la dispersione delle sostanze pericolose nell'ambiente di lavoro.

Le cappe chimiche sono da considerarsi zone di potenziale pericolo, in quanto all'interno di esse possono svilupparsi atmosfere anche estremamente infiammabili, esplosive o tossiche. Per tale motivo la cappa deve essere mantenuta perfettamente efficiente; l'efficienza delle prestazioni del sistema complessivo deve essere verificata sia al momento della prima installazione sia nel corso del tempo, attraverso un programma di controlli periodici.

### **Classificazione delle cappe**

Presso l'Università degli Studi di Pavia le cappe sono classificate secondo le seguenti classi:

<b>Velocità frontale (metri/secondo)</b>	<b>Classe</b>	<b>Agenti chimici utilizzabili</b>
$V_f < 0,3 \text{ m/s}$	<b>NC</b>	Nessuno
$0,3 \text{ m/s} \leq V_f < 0,4 \text{ m/s}$	<b>A</b>	Agenti chimici a bassa tossicità (es. nocivi, irritanti)
$0,4 \text{ m/s} \leq V_f < 0,5 \text{ m/s}$	<b>B</b>	Agenti chimici a media tossicità (es. tossici)
$V_f \geq 0,5 \text{ m/s}$	<b>C</b>	Agenti chimici ad elevata tossicità (es. molto tossici, cancerogeni, mutageni)

## Procedure operative

Gli operatori devono osservare procedure connesse al corretto utilizzo dei dispositivi di aspirazione:

- **Verificare che la cappa sia accesa e funzionante.** Prima di iniziare l'attività, accertarsi che l'interruttore sia in posizione "ON". Quando la cappa non è in uso, spegnere l'aspirazione e chiudere il frontale. La luce accesa non significa che la cappa sia in funzione.
- **Introdurre solo il materiale strettamente necessario.** Posizionare gli oggetti all'interno dell'area di lavoro, almeno 15-20 cm dall'apertura del frontale e almeno 5 cm dalla parete di fondo. Gli oggetti ingombranti devono essere tenuti sollevati almeno 2 cm dal piano con appositi spessori per consentire il passaggio dell'aria.
- **Abbassare il saliscendi frontale alla posizione di lavoro.** Mantenere il vetro frontale sempre abbassato all'altezza di lavoro. È consentito alzare il vetro solo per introdurre o togliere apparecchiature e per attrezzare la cappa all'inizio e al termine dell'attività, e comunque dopo aver lasciato in funzione la cappa qualche minuto per rimuovere i vapori contaminati presenti nella zona di lavoro. Abbassare completamente il vetro frontale ogni volta che ci si allontana dalla cappa, anche per pochi istanti.
- **Non introdurre mai la testa nella cappa.** All'interno della zona di lavoro si possono sviluppare pericolose concentrazioni di gas e vapori tossici che, se inalati, possono causare improvvisa perdita di conoscenza. Alzare il saliscendi o spostare i suoi vetri sempre lentamente e mai di scatto.
- **Assicurarsi di lavorare costantemente all'interno della cappa.** Mantenere una posizione che consenta di lavorare costantemente all'interno della cappa ad almeno 15-20 cm dall'apertura del frontale. Tracciare una riga a questa distanza con un pennarello indelebile o con un nastro adesivo.
- **Utilizzare sempre i dispositivi di protezione individuale.** La cappa chimica protegge solo dal rischio di inalazione. Indossare sempre i guanti compatibili con le sostanze utilizzate e gli occhiali. Non appoggiarsi mai con il corpo al bordo del piano e lavorare col camice allacciato; le mani, gli avambracci e parte anteriore del corpo sono da considerare come potenzialmente contaminati.

- **Minimizzare le correnti d'aria alle spalle degli operatori.** Assicurarsi che non ci sia passaggio di persone alle spalle o flussi d'aria derivanti da impianti di raffrescamento/riscaldamento mentre si lavora in una cappa chimica; verificare che porte e finestre siano chiuse per evitare correnti d'aria che potrebbero disturbare la barriera frontale di protezione.
- **Controllare il materiale che viene introdotto nella cappa.** Assicurarsi che all'interno della cappa non ci siano contenitori di sostanze chimicamente incompatibili con quelle che si devono utilizzare. Accertarsi che all'interno della cappa non ci siano prese elettriche o apparecchi elettrici che possono provocare scintille o fiamme all'interno della cappa se si deve utilizzare sostanze infiammabili o esplosive. Mantenere tutte le connessioni elettriche fuori dalla cappa.
- **Al termine del lavoro, pulire la cappa.** Non è solo buona educazione lasciare la cappa pulita, ma una fondamentale norma di sicurezza per chi la utilizzerà. Tutte le superfici della cappa devono essere comunque considerate come potenzialmente contaminate.
- **Non rimuovere o modificare componenti della cappa.** Non ostruire le aperture posteriori a livello del piano di lavoro: è fondamentale che la ripresa posteriore dell'aria all'altezza del piano di lavoro sia garantita.
- **Segnalare immediatamente ogni anomalia riscontrata.** Se si rilevano o sospettano delle anomalie nel funzionamento della cappa, avvisare immediatamente il proprio Responsabile e i colleghi.
- **Verificare l'etichetta del Servizio Prevenzione e Protezione.** Utilizzare sempre cappe adatte per la classe di sostanza utilizzata (es. cappa di classe C per sostanze molto tossiche).

### **Cappe chimiche a ricircolo**

In caso siano presenti cappe chimiche dotate di filtri, è necessario:

- mantenere un registro d'uso dell'apparato, in cui sono riportati: tipologia di filtro, agenti chimici utilizzati prevalentemente, ore di utilizzo, data di sostituzione;
- utilizzare la cappa alla velocità massima di aspirazione consentita solo in caso di emergenza (es. versamento sul piano di lavoro di prodotti chimici):

velocità troppo elevate impediscono un adeguato adsorbimento dell'inquinante da parte del filtro;

- utilizzare filtri idonei alle sostanze utilizzate;
- verificare periodicamente eventuali sistemi automatici di rilevazione della saturazione dei filtri.

### ***Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)***

I DPI rappresentano l'ultimo strumento di protezione dell'operatore, quando tutte le misure di prevenzione adottate (riduzione delle fonti di pericolo, sostituzione di materiali e processi pericolosi con altri meno pericolosi, isolamento delle attività maggiormente pericolose, sistemi di ventilazione forzata e dispositivi di aspirazione localizzata) non sono state sufficienti a ridurre a tal punto il rischio da rendere superflui altri mezzi di protezione.

### **Criteri di scelta e formazione all'uso**

I DPI devono essere scelti e messi a disposizione degli operatori dal Responsabile delle attività, eventualmente chiedendo parere tecnico, in caso di dubbio, al Servizio Prevenzione e Protezione.

Ogni Dispositivo di Protezione Individuale deve essere accompagnato dalla prevista documentazione (dichiarazione di conformità da parte del fabbricante, marcatura CE, nota informativa rilasciata dal fabbricante).

Le Schede Dati di Sicurezza dei prodotti chimici utilizzati forniscono un'indicazione essenziale sui DPI che devono essere usati nella manipolazione di tali agenti.



### **Protezione degli occhi e del viso**

Gli **occhiali di sicurezza** sono sempre obbligatori all'interno di un laboratorio chimico, ove sono in corso reazioni ed esperimenti di qualsiasi tipo, anche per coloro che assistono alle operazioni.

Per operazioni particolarmente pericolose, che possono dar luogo a schizzi o, comunque, a penetrazioni di sostanze attraverso gli occhi o la cute del viso (utilizzo di sostanze corrosive, caustiche, esplosive, uso di apparecchiature a



pressione o sotto vuoto, uso di gas criogeni) è indispensabile, qualora non sia possibile lavorare sotto cappa con lo schermo frontale abbassato, l'utilizzo di **schermo facciale**.



### **Protezione delle vie respiratorie**

Nel caso in cui un operatore sia esposto a:

- polveri, gas, vapori, aerosol ad elevata concentrazione e/o in ambienti chiusi o poco ventilati;
- fumi d'incendio,

è necessario l'utilizzo di una **maschera con filtro antigas e/o antipolvere** specifico per la sostanza manipolata. In caso di esposizione a più sostanze contemporaneamente e durante un incendio è necessario adoperare un filtro polivalente.

È preferibile usare sempre maschere a pieno facciale piuttosto che semimaschere, in quanto garantiscono la protezione di tutto il viso dal contatto con l'agente pericoloso.

Le maschere con filtro devono essere usate solo se si è certi che la quantità di ossigeno nell'aria sia superiore al 17%, altrimenti è indispensabile utilizzare autorespiratori.

Le maschere devono potersi adattare al viso senza causare sfregamenti e pressioni moleste, pur garantendo una perfetta tenuta. Per controllare la tenuta, l'operatore, prima di innestare il filtro, deve chiudere con il palmo della mano la valvola di inspirazione e quindi inspirare: una maschera ben indossata non deve permettere il passaggio di aria.

In ogni caso l'operatore deve attenersi alle istruzioni d'uso che accompagnano la confezione d'acquisto e alle indicazioni del Responsabile delle attività.

Il filtro va collegato alla maschera in modo corretto e aperto solo al momento dell'impiego.

Le maschere, se riutilizzabili, devono essere pulite dopo ogni uso, secondo le indicazioni fornite dal fabbricante. Per maschere in uso a più persone, oltre alla pulizia, è necessaria una disinfezione.

I filtri devono essere sostituiti quando esauriti e in ogni caso quando non vengono usati abitualmente (hanno una scadenza indicata dal fabbricante).

Maschera e filtri devono essere conservati in luoghi asciutti, lontano da fonti di calore e dai raggi solari e al riparo della polvere e da atmosfere contaminanti.



### **Protezione delle mani e delle braccia**

Per la protezione delle mani e delle braccia si utilizzano **guanti**, che devono essere *specifici per il tipo di lavorazione effettuata e di sostanza impiegata*.

Tali dispositivi sono da utilizzarsi in caso di:

- manipolazione di agenti chimici, che possono penetrare facilmente attraverso la cute o reagire con essa;
- lavorazioni a basse o elevate temperature (sostanze criogene / stufe, mantelli riscaldanti, ecc.);
- manipolazione di oggetti taglienti.

I guanti devono essere:

- del tipo adatto alla manipolazione della sostanza utilizzata (come indicato nella Scheda Dati di Sicurezza relativa);
- di una taglia superiore a quella propria dell'operatore che li indossa, quando si affrontano operazioni di travaso di liquidi criogenici o in genere di liquidi pericolosi, in modo che siano facilmente sfilabili in situazioni di emergenza;
- controllati prima di essere indossati (prova di tenuta);
- indossati **sopra le maniche** del camice, in modo che eventuali gocce di liquido non siano veicolate sotto il camice;
- in caso di utilizzo di sostanze particolarmente pericolose, quali ad esempio cancerogeni e mutageni, doppi (un paio di guanti sopra l'altro);
- asciugati e successivamente lavati prima di essere tolti, qualora debbano essere riutilizzati;

- tolti prima di rispondere al telefono, aprire la porta, consultare testi, ecc., onde evitare contaminazioni dell'ambiente di lavoro;
- sostituiti, se indossati per un lungo periodo e comunque in base al tempo di permeazione e alla durata effettiva di protezione;
- puliti e riposti in luogo riparato oppure, se monouso, eliminati in apposito contenitore.



### **Altri indumenti protettivi**

I **camici** devono essere indossati sempre quando si lavora all'interno di un laboratorio chimico e chimico biologico.

Si utilizzano **scarpe di sicurezza** con protezione antisfondamento in caso di movimentazione di carichi (es. bombole, fusti di liquidi, ecc.).

Per lavorazioni particolari, che comportano l'esposizione di tutto il corpo ad agenti chimici particolarmente aggressivi (es. fitofarmaci), ovvero a temperature molto basse o elevate, si possono utilizzare **grembiuli di protezione** o, nei casi più problematici, **tute a protezione specifica**.

## 9. PROCEDURE DI EMERGENZA

---

A seguito di una emergenza che comporti o meno danno alle persone, avvisare sempre il Servizio Prevenzione e Protezione e compilare il modulo di segnalazione incidente, reperibile anche sul sito Web alla pagina [www-3.unipv.it/safety/index.php?pag=modulistica/pps.html](http://www-3.unipv.it/safety/index.php?pag=modulistica/pps.html)



### ***Dispositivi di emergenza***

Presso ogni laboratorio o gruppo di laboratori (in caso di locali contigui e/o di piccole dimensioni), vi devono essere i seguenti dispositivi:

- una stazione di lavaggio oculare (doccetta lavaocchi o spruzzetta con soluzione fisiologica);
- una coperta antinfiamma;
- un kit per l'adsorbimento e la neutralizzazione di sostanze chimiche;
- una maschera antigas con filtro universale.

Ad ogni piano delle Strutture che ospitano almeno un laboratorio chimico o chimico-biologico, vi devono essere inoltre almeno una **doccia di emergenza** ed un **presidio di primo soccorso**.

Tutti i dispositivi di emergenza devono essere:

- segnalati mediante idonea cartellonistica;
- facilmente e rapidamente accessibili;
- verificati periodicamente e mantenuti in condizioni di efficienza.



### ***Versamento di prodotti chimici***

In caso di sversamento di prodotti chimici:

- Consultare la Scheda Dati di Sicurezza della sostanza versata, prima di effettuare qualsiasi operazione;
- indossare gli idonei Dispositivi di Protezione Individuale, così come indicato nella Scheda Dati di Sicurezza relativa alla sostanza versata;
- isolare l'area interessata;

- dare l'allarme ed avvisare la squadra di emergenza, in caso di versamenti estesi e/o di sostanze particolarmente pericolose (es. agenti ad elevata tossicità, cancerogeni e mutageni, liquidi altamente infiammabili, ecc.).

### **Liquidi infiammabili e tossici**

- Provvedere all'estinzione, se incendiati, utilizzando l'agente estinguente più appropriato, così come indicato nella Scheda Dati di Sicurezza;
- spargere l'adsorbente prima attorno al liquido versato e poi sopra;
- riporre il materiale adsorbito in un recipiente idoneo ed avviarlo a smaltimento.

### **Liquidi corrosivi**

- Adsorbire o, meglio, neutralizzare l'agente;
- riporre il materiale adsorbito o neutralizzato in un recipiente idoneo ed avviarlo a smaltimento.

### **Agenti tossici solidi**

- Inumidire il materiale con liquido adatto (attenzione alle incompatibilità) e riporre il tutto in contenitore di plastica a tenuta;
- in alternativa, aspirare il materiale previo filtraggio.

### **Contaminazione personale**

- Attenersi a quanto indicato sulla Scheda Dati di Sicurezza;
- tamponare con carta assorbente la zona della pelle o gli abiti sui quali è avvenuto il versamento;
- togliere gli indumenti contaminati (si può agire efficacemente tagliandoli) unitamente ai mezzi protettivi (maschere, guanti ecc); riporre tali oggetti in sacchetti di plastica in modo da evitare la contaminazione di altri oggetti e dell'area; porre attenzione a non contaminare occhi, bocca e narici;
- tagliare la ciocca di capelli eventualmente contaminata, non fare assolutamente lo shampoo;
- lavare con acqua corrente (non usare acqua calda) solo la parte venuta a contatto con la sostanza e solo dopo averla accuratamente rimossa con carta assorbente, cercando di non estendere la contaminazione e facendo

attenzione a non danneggiare la pelle; sciacquare gli occhi più volte con acqua o soluzione fisiologica; non ingerire liquidi o farmaci di qualsiasi natura.

### **Infortunio o intossicazione**

- Avvisare l'addetto al primo soccorso;
- accompagnare l'infortunato in ospedale con la Scheda Dati di Sicurezza della sostanza o comunque con il nome esatto della sostanza (o con il suo numero CAS).

### **Operazioni conclusive**

- Verificare la rimozione delle cause del versamento;
- pulire a fondo le superfici interessate dal versamento;
- aerare il locale prima di riprendere l'attività.



### ***Fuga di gas***

#### **In caso di incendio**

- Interrompere l'erogazione di gas nel laboratorio o nell'intero edificio;
- raffreddare l'involucro della bombola, onde evitarne lo scoppio;
- mettere in sicurezza eventuali bombole prossime alla zona in emergenza;
- dare l'allarme ed avvisare la squadra di emergenza.

#### **In caso di fuoriuscita di gas infiammabile o comburente**

- Interrompere prima di tutto, se possibile, l'erogazione del gas (non tentare di spegnere il gas incendiato se non si è interrotta la fuoriuscita);
- spegnere eventuali fiamme libere;
- aprire le finestre solo se ciò non costituisce maggior danno (formazione di miscela esplosiva);
- abbandonare il locale e chiudere la porta;
- togliere tensione al locale (solo se l'interruttore è situato al di fuori del locale);
- dare l'allarme e avvisare la squadra di emergenza.

### **In caso di fuoriuscita di gas tossico o inerte**

- Interrompere l'erogazione di gas;
- aprire le finestre ed attivare i sistemi di areazione del locale (cappe, ventilazione forzata);
- abbandonare il locale e chiudere la porta;
- dare l'allarme e avvisare la squadra di emergenza;
- attendere un certo periodo di tempo prima di rientrare;
- effettuare l'operazione di rientro alla presenza di almeno un altro operatore che resta all'esterno del locale, pronto ad intervenire.

### **In caso di infortunio o intossicazione**

- Avvisare l'addetto al primo soccorso;
- attenersi a quanto previsto nella Scheda Dati di Sicurezza specifica;
- accompagnare l'infortunato al Pronto Soccorso con la Scheda Dati di Sicurezza del gas e comunque con il nome esatto della sostanza (o il numero CAS).

### **Operazioni conclusive**

- Accertarsi che la causa della perdita sia stata rimossa;
- aerare il locale prima di riprendere l'attività.



## 10. PER CONCLUDERE

---



Dei casi reali<sup>1</sup>

NOTA BENE

### **ATTENERSI SCRUPolosAMENTE ALLE PROCEDURE OPERATIVE & INFORMARE TEMPESTIVAMENTE IL RESPONSABILE**

**Seveso** è un paese che si trova 20 chilometri a nord di Milano. Nel territorio confinante, fino al 1976, vi sorgeva l' ICMESA, un'industria chimica controllata dal gruppo farmaceutico Hoffmann-La Roche. All' ICMESA si fabbricava il 2,4,5-triclorofenolo, una sostanza utilizzata per la preparazione dell'esaclorofene, prodotto pressoché innocuo usato nell'industria cosmetica.

A mezzogiorno del 10 luglio 1976 il sorvegliante di una delle unità del blocco B chiude accidentalmente l'acqua di raffreddamento di uno dei reattori. E' così, con un **errore accidentale**, che inizia la tragedia della cittadina brianzola e uno dei più importanti disastri industriali accaduti in Italia.

A causa del mancato raffreddamento del reattore, la temperatura inizia a salire rapidamente. La pressione cresce e diventa così alta che uno dei dischi di sicurezza cede, causando l'apertura di una paratoia. Una nube rossastra si propaga nell'atmosfera contaminando un'estesa superficie densamente popolata.

L'effetto immediato e più evidente sulla popolazione è la cloracne, che colpisce soprattutto i bambini. Ma la preoccupazione è alta perché si temono l'effetto tossico sulla riproduzione e quello cancerogeno: muoiono più di 30.000 animali, la vegetazione è distrutta e più di 70.000 animali da allevamento vengono macellati per impedire che col cibo si diffonda il tossico nella popolazione.

L'analisi dell'incidente di Seveso mostra numerose infrazioni alle norme di sicurezza. Si scoprirono gravi carenze professionali del personale e la **mancata attenzione ai segnali d'allarme**, attivati dopo l'aumento della temperatura e prima della fuga dei vapori tossici.

---

<sup>1</sup> Tutti i casi riportati, salvo ove diversamente indicato, sono tratti da G. CORNELIO *La scatola nera – Appunti di tossicologia per la valutazione del rischio chimico*, Edizioni EUT, Trieste 2009.



#### NOTA BENE

### **NON USARE RECIPIENTI COMUNI PRIVI DI UNA CHIARA ETICHETTATURA**

M. G. viene ricoverata urgentemente in ospedale. È una giovane donna che fa le pulizie negli uffici. Un pomeriggio, durante il lavoro, le viene il desiderio di bere; trova a portata di mano una bottiglia con l'etichetta di un'acqua minerale e, sovrappensiero, la porta alla bocca e ne beve un sorso. Immediatamente si accorge dell'errore: quel liquido non è acqua, ma un solvente utilizzato per la pulizia delle macchine da scrivere; intanto però il sorso è stato in parte deglutito. Viene soccorsa che è già semi-incosciente.

La bottiglia conteneva uno dei solventi clorurati più tossici, il tetracloruro di carbonio, che prima agisce sul sistema nervoso, poi attacca fegato e reni. La morte può avvenire per insufficienza epatica acuta o per insufficienza renale acuta.

M.G. resta grave per tre giorni, poi pian piano il danno epatico si riduce e il rene riprende in parte a funzionare. Il recupero sarà molto lento, ma alla fine vi sarà guarigione. È stato un caso fortunato!

#### NOTA BENE

### **NON INGERIRE ALIMENTI O BEVANDE IN LABORATORIO**

Un caso accaduto molti anni fa. Carla lavora in un'azienda che produce piastrelle ceramiche; lei e altre ragazze sono addette alla decorazione a mano, con colori ricchi di piombo. Il medico curante di Carla si accorge di uno strano pallore della ragazza e, a seguito di alcuni controlli, accerta quello che sospettava: quella strana anemia è dovuta a quantità di piombo abnormi, accumulatosi in poco più di un anno di lavoro.

Un sopralluogo in azienda rivela che le ragazze lavorano in una stanzetta sedute attorno a un tavolino, pieno di ciotole di colore; i camici delle ragazze sono imbrattati da tutti i colori che vi si asciugano, e che si trasformano in polvere, ricca di piombo. Non vi è la mensa e le decoratrici – del tutto ignare di lavorare con una sostanza pericolosa – **mangiano il panino** che si portano da casa, lì in quella stanza e forse saltuariamente si lavano le mani.

NOTA BENE

## NON SCARICARE RIFIUTI NEI LAVANDINI

**Minamata** è una cittadina costiera del Giappone che si è sviluppata nel corso del '900 intorno all'industria Chisso Corporation. Nel secondo dopoguerra, l'azienda contribuisce notevolmente alla ripresa giapponese e alla crescita economica di Minamata: negli anno '50 produce in monopolio il PVC.

Gli scarichi dell'azienda vanno direttamente nella baia di Minamata.

I pescatori della zona cominciano ad osservare in quegli anni un'importante moria di pesce e gli abitanti notano uno strano comportamento nei gatti: gli animali eseguono una specie di danza frenetica e poi si buttano nell'acqua della baia, suicidandosi.

Nel 1956 compare, tra gli abitanti della zona, una malattia ignota, caratterizzata da convulsioni, perdita di coscienza, ripetute crisi di follia, coma, febbre alta e infine morte.

Un gruppo medico studia il problema e lo collega al consumo di pesci e molluschi, ma si accorge anche che l'inquinamento della baia è enorme. La Chisso nega ogni addebito e le autorità governative sostengono la grande azienda di cui vanno fieri.

Nel 1957 viene comunque proibito il consumo dei prodotti ittici della baia.

Nel 1959 i ricercatori acquisiscono la certezza che il mercurio, in particolare il metilmercurio, è il tossico responsabile della malattia.

Nel 1965 vi è un'altra epidemia della malattia di Minamata, ma in un'altra zona del Giappone, a Niigata. La causa è sempre un inquinamento causato da scarichi industriali, contenenti mercurio, usato come catalizzatore di processi chimici.

È solo nel 1968 che il governo giapponese ammette che la causa della malattia è dovuta a questo tipo di inquinamento. A tutt'oggi son stati ufficialmente riconosciuti 2252 casi di intossicazione, di cui più di 1000 hanno portato al decesso dei soggetti colpiti. Molto più alto è il numero di coloro che chiedono di essere riconosciuti come vittime della malattia.

NOTA BENE

## **NON SCARICARE RIFIUTI NEI LAVANDINI**

*“Solventi gettati nei lavandini...il problema esiste da tempo. Immemorabile. La raccolta speciale dei solventi c’è...pure scrupolosa, da un po’ di tempo a questa parte...alla fine dell’esperimento si butta il solvente nel bidone apposito...tutto assolutamente nella norma, e pronti ad andare a prendere il caffè. Poi...ops, ecco lì 10 ml rimasti in un bekerino, che palle, il bidone pesa, ho già tolto i guanti...che sarà mai...forse sono anche meno, saranno 5 ml...il caffè mi aspetta...nel lavandino! 5ml oggi, 5 ml ieri, da trent’anni che esiste questo edificio...i tubi e le fogne sono corrosi e inquinati.”* (studente)

Dicembre 2008. La Procura della Repubblica di Catania avvia un’inchiesta sulla base di alcune denunce anonime, denunce circostanziate, dettagliate, con nomi, cognomi, fatti e un lungo elenco di morti e malati, tutti transitati dai laboratori di Farmacia dell’Università. L’inchiesta si allarga a macchia d’olio. Il procuratore dispone un’indagine ad ampio respiro: chiede agli uffici comunali e a quelli sanitari di Catania di fornire tutti i registri di morte o di malattie di docenti, studenti, ricercatori, dipendenti dell’Università che negli ultimi dieci anni sono deceduti per tumore o altre malattie collegabili a loro lavoro nel dipartimento di Farmacia. Ne arrivano a decine: lunghi elenchi di vittime più che sospette.

Tecnici, ricercatori, dottorandi, studenti, riferiscono della presenza di odori e fumi tossici all’interno dei laboratori di Scienze Farmaceutiche. Testimonianze dichiarano che gli odori provenivano dai lavabi siti nei laboratori.

*“Tutti sanno che c’è qualcosa che non va, tutti sanno che i laboratori di ricerca sono sprovvisti di filtri nelle tubazioni, tutti sanno che il problema dipende dalle tubazioni che perdono e che quando nei piani superiori si scaricano nei lavandini, i solventi fuoriescono dalle tubazioni ed evaporando si disperdono nell’ambiente e nei nostri polmoni.”* (tecnico di laboratorio)

*“Dentro quel laboratorio ogni tanto si parlava di qualche collega morto o che si era ammalato, ma i professori ci dicevano “coincidenze”. Ci ho creduto, ci credevamo e abbiamo continuato a fare esperimenti, con sostanze velenosissime. Ma pensavamo che con le mascherine, i guanti, fossimo protetti. Anche quando versavamo nei lavandini i residui di quei solventi, di quei veleni...”* (dottorando)

Tratto da F. VIVIANO, A. ZINITI *Morti e silenzi all’Università – Il laboratorio dei veleni*, Ed. Aliberti, Reggio Emilia 2010

NOTA BENE

### **MAI LAVORARE DA SOLI & ATMOSFERE ASFISSIANTE**

L'autista di un piccolo veicolo per la distribuzione dell'azoto liquido stava eseguendo una consegna. Arrivato alla sede del cliente, collegò il flessibile di travaso ad un serbatoio ubicato in un seminterrato. Aveva cominciato il travaso quando un dipendente del cliente lo informò che intorno al serbatoio si stava formando una nuvola di vapore. L'autista interruppe il lavoro e si avvicinò al serbatoio per investigare. Una volta arrivato in fondo alla scala svenne, ma fortunatamente fu visto da un dipendente del cliente che riuscì ad indossare un respiratore, raggiungere l'infortunato e trascinarlo via. L'autista si rimise completamente.

NOTA BENE

### **CONOSCERE ED ESEGUIRE LE PROCEDURE DI EMERGENZA**

In un'azienda che produce manufatti in teflon tramite sinterizzazione in forno elettrico, la temperatura del forno deve essere tenuta sotto osservazione, affinché non salga oltre il dovuto formando pericolosi prodotti di degradazione.

Il turno dei tornitori inizia alle sei del mattino: R. L. entra per primo nel reparto e vede che dal forno di sinterizzazione – posto nello stesso locale dei torni – esce del fumo; probabilmente **si avvicina per controllare** e poi va ad aprire portoni e finestre. Chi entra successivamente si allontana prontamente.

Dopo un certo lasso di tempo si riprende l'attività e R. L. lavora come gli altri, senza grandi disturbi, solo un po' di tosse. Tuttavia, alla sera, la respirazione comincia a farsi difficile, tanto da indurre l'interessato a ricorrere a cure ospedaliere.

La situazione però precipita e neanche il ricovero in un reparto di terapia intensiva riesce a risolverla: R. L. morirà dopo 5 giorni.

La causa dell'infortunio è stata verosimilmente un malfunzionamento del forno e in particolare dei meccanismi di controllo della temperatura; questa è salita sopra i 600 °C, causando la liberazione di acido fluoridrico.

L'acido fluoridrico non si scioglie nelle prime vie aeree, ma scende fino a livello alveolare, dove opera una vasta distruzione delle strutture polmonari. L'azione è quindi ritardata e il pericolo inavvertito.

## **SCARSA CONOSCENZA, DISTRAZIONE, TROPPIA SICUREZZA, INCOSCENZA:**

### ***BHOPAL, una tragedia annunciata***

La Union Carbide inizia a produrre il pesticida Sevin a Bhopal, India, nel 1979; la tecnologia prevede il passaggio per un composto intermedio: il MIC – isocianato di metile. Tale tecnologia è infatti meno costosa. Altri produttori, come la Bayer, avevano scelto di non utilizzare il metodo “con MIC” per la sua pericolosità.

L’isocianato di metile è un liquido estremamente volatile e di alta tossicità. I suoi vapori sono più pesanti dell’aria e possono spostarsi lungo il suolo. Il MIC può essere assorbito nell’organismo per inalazione, attraverso la cute e per ingestione ed è gravemente irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio, ove può causare edema polmonare con esiti anche letali.

L’intermedio MIC deve essere stoccato in vasche refrigerate intorno ai 4.5 °C per inibirne la volatilizzazione. Tuttavia i sistemi di controllo della temperatura nella fabbrica di Bhopal sono trascurati. Anche altri presidi di sicurezza vengono trascurati o disinstallati e la preparazione degli addetti è molto superficiale; che il rischio sia alto viene segnalato sia da tecnici statunitensi che da personale sanitario. D’altronde la fabbrica, non avendo ottenuto i risultati economici sperati, è trascurata negli aspetti di prevenzione, in prospettiva di una dismissione.

La mattina del 3 dicembre 1984, un serbatoio con 43 tonnellate di MIC si surriscalda a causa del contatto con l’acqua, entrata nella vasca a causa di alcuni malfunzionamenti; il gas esce e scivolando lungo il terreno si diffonde in città raggiungendo una quantità enorme di persone: circa mezzo milione. Il disastro è spaventoso: i morti sono migliaia (stime variano tra 4.000 e 20.000) e gli intossicati centinaia di migliaia; si calcola che circa 400.000 soggetti soffrono tuttora per i gravi esiti dell’intossicazione. Asma, visione limitata, perdita di appetito, crisi di panico, febbri ricorrenti, influenze persistenti, disordini neurologici, affaticamento, debolezza, ansietà e depressione sono i maggiori sintomi.

Gli errori commessi si devono addebitare principalmente ai tagli economici con i quali si intervenne quasi esclusivamente sulla sicurezza, ma soprattutto alla convinzione che in una fabbrica non in produzione non possano avvenire incidenti nonostante la pericolosità dei materiali in essa contenuti.





