



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

INDICAZIONE PER L'USO IN SICUREZZA DEI GAS CRIOGENICI

Premessa

L'uso di liquidi criogenici è diventato frequente nella tecnica moderna sia nei laboratori universitari e di ricerca che quelli in ambito sanitario. Si tratta in particolare dei cosiddetti gas liquefatti. Rientrano in questa situazione di rischio tutte le attività che prevedono l'utilizzo di criogeni contenuti in bombole o altri contenitori specifici (dewar). Queste sostanze sono di solito gas compressi allo stato liquido quali ad esempio:

- Azoto
- Elio
- Argon
- Ossigeno
- Ammoniaca

Questi gas, hanno in comune due proprietà: la temperatura estremamente bassa ed il notevole aumento di volume che accompagnano la vaporizzazione e normalmente sono contenuti in recipienti (bombole, bidoni) capaci di resistere ad elevate pressioni. Prima di installare un serbatoio di gas criogenico è necessaria l'autorizzazione degli uffici tecnici di Ateneo in quanto il posizionamento e le caratteristiche strutturali devono seguire le indicazioni dei Vigili del Fuoco. Solo il personale che è stato informato, formato ed addestrato all'utilizzo di criogeni potrà utilizzare i distributori. Chiunque lavori con liquidi criogenici dovrà essere formato, informato e addestrato in proposito e dovrà conoscere tutte le norme d'uso e manutenzione presentate dal costruttore per tali apparecchiature. E' necessario che l'utilizzatore conosca a fondo le caratteristiche tecniche dei serbatoi di stoccaggio, le posizioni e la funzione delle valvole e degli interruttori, la dislocazione e il modo di impiego delle apparecchiature di sicurezza e antincendio.

Responsabilità

In merito alle indicazioni fornite nella presente istruzione operativa:

- il responsabile di struttura ha l'obbligo di adottare le misure indicate e di richiederne l'osservanza da parte dei lavoratori
- il preposto ha l'obbligo di sovrintendere e vigilare sull'osservanza delle stesse da parte dei singoli lavoratori
- il lavoratore ha l'obbligo di osservare le istruzioni impartite, di utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, le sostanze e i preparati pericolosi nonché i dispositivi di sicurezza e i dispositivi di protezione individuale messi a disposizione



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

Le attività principali sono:

- operazioni di raffreddamento per immersione di campioni nel criogeno (es: congelamento campioni biologici);
- operazioni di raffreddamento per investimento diretto o indiretto di campioni;
- operazioni di raffreddamento di materiali o atmosfere per iniezione, aspersione, spruzzo (es: consolidamento terreni, spegnimento incendio).

Rischi derivanti dall'utilizzo di gas criogenici

Possibilità di formazione di atmosfere sotto ossigenate:

Un' atmosfera sotto-ossigenata si genera quando la quantità di ossigeno nell'aria diviene inferiore al 19%; quando oltre alla carenza di ossigeno vi è la presenza di gas inerti questi concorrono alla sostituzione dell'ossigeno nell'aria in percentuale. Nei locali dove è possibile si verifica una tale situazione, come dispositivo di sicurezza, si utilizzano dei sensori di monitoraggio ad ossigeno tarati con due soglie di intervento. La prima soglia di preallarme con una concentrazione di ossigeno tra il 19-20% e la seconda di allarme con una concentrazione pari al 18%; a questi sensori è collegato un sistema acustico/luminoso che si attiva in caso di carenza di ossigeno; inoltre dovrebbe essere presente un sistema automatico di ventilazione meccanica in grado di eliminare i vapori dei gas criogenici. Nei locali in cui si utilizza CO₂ va installato un rilevatore di CO₂ con regolazione del valore limite di concentrazione pari a 1,5% di CO₂.

Si ha una situazione critica ogni qualvolta si generano condizioni di evaporazione del criogeno per contatto con l'ambiente, con possibile esposizione dell'operatore non adeguatamente protetto, quali ad esempio:

- manipolazione diretta di liquidi criogenici;
- operazioni che prevedono il contatto tra materiali fragili e criogenici che possono determinare shock termici con il conseguente collasso strutturale del materiale.
- dai recipienti chiusi in pressione possono scaricarsi quantità di fluido dalle valvole di sicurezza per il verificarsi di improvvise sovrappressioni;
- dai recipienti a cielo aperto (non in pressione) si ha continua vaporazione del liquido;
- quando vengono introdotti nel liquido materiali a temperatura ambiente si ha l'ebollizione del liquido con emissione di notevoli quantità di vapori;
- durante le operazioni di travaso di gas criogenici liquidi (ad esempio azoto liquido) si ha la formazione di grandi quantità di vapori;
- spandimenti accidentali di gas criogenici liquidi sul pavimento o su altre superfici danno origine alla formazione di vapori oltre che al congelamento delle superfici interessate.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

Contatto con il liquido o vapori freddi

Il contatto con il liquido criogenico provoca sulla pelle lesioni del tutto simili alle ustioni (da cui il nome di ustioni criogeniche). L'entità del danno aumenta con il diminuire della temperatura e con il prolungarsi della durata del contatto. Le maggiori cause di danno per contatto avvengono per:

- spruzzi sul viso o altre parti del corpo di liquido durante le operazioni di travaso o riempimento di un contenitore caldo (a temperatura ambiente);
- contatto accidentale delle mani o altre parti del corpo con tubazioni, strumenti, recipienti o altro materiale freddo non isolato (la pelle può incollarsi alla tubazione e lacerarsi nel tentativo di staccarsi dalla tubazione);
- penetrazione del liquido all'interno delle calzature.

Misure preventive di tipo ambientale:

- quando si utilizzano liquidi criogenici è necessario che nel locale dove avviene l'utilizzo sia installato un sistema di rilevazione della concentrazione di ossigeno.
- il deposito e/o l'utilizzazione di gas criogenici liquidi devono avvenire in locali NON confinati (possibilmente all'aperto); in ogni caso sono proibite le camere fredde o le stanze frigo;
- i locali devono essere provvisti di aperture, prive di serramenti, atte ad assicurare il necessario numero orario di ricambi d'aria (in ogni caso devono essere presenti almeno le aperture previste per l'uso del gas); il mantenere le finestre aperte non è ritenuto sufficiente; devono essere presenti aperture fisse protette da griglie;
- se la ventilazione naturale (aperture) non risulta sufficiente, i locali devono essere provvisti di idonei mezzi di ventilazione meccanica ubicati a livello pavimento o delle parti più basse del locale in grado di eliminare i vapori di gas criogenici liquidi (ad esempio azoto liquido) che si formano sia in caso di normale funzionamento delle apparecchiature sia in caso di funzionamento anomalo o di spandimento accidentale;
- i locali per deposito e/o utilizzo di gas criogenici liquidi non devono essere sotterranei;
- nei locali di deposito e/o utilizzazione di gas criogenici liquidi non devono essere presenti tombini, fosse, cunicoli e altro;
- l'ingresso nei locali o zone adibite a deposito di liquidi criogenici deve essere consentito solo a personale autorizzato e opportunamente istruito;
- non imprigionare gas criogenici liquidi in una tubazione delimitata da due valvole senza aver intercalato tra di esse una valvola di spurgo o una valvola di sicurezza. Per questo, prima di installare apparecchiature e tubazioni per gas criogenici, vi consigliamo di consultare tecnici specializzati;
- nei locali in cui si utilizza CO₂ sia installato un rilevatore di CO₂ (collegato ad un sistema di allarme ottico/acustico) con regolazione del valore limite alla concentrazione di 1,5% di CO₂.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

Prescrizioni per le operazioni con liquidi criogenici

- non tutti i materiali resistono a contatto con liquidi criogenici, pertanto adoperate materiali omologati. (Infatti si può verificare: scoppio dei contenitori dei criogeni dovuta a sovrappressioni causate da esposizione ad elevate temperature e rottura da shock termico di recipienti con proiezione di frammenti per contatto o immersione nel criogeno);
- i contenitori criogenici sono costituiti con materiali in grado di sopportare brusche ed elevate variazioni di temperatura. Possono essere di tipo aperto oppure protetti da uno sfiato o dispositivo di sicurezza che consenta lo scarico del gas;



- usate soltanto il tappo o il coperchio forniti con il contenitore (tipo omologato);
- se usate un dispositivo di spillatura (o dispenser) oppure un beccuccio per il travaso, controllate, ad intervalli regolari, che lo sfiato non venga ostruito dal ghiaccio formatosi per la solidificazione dell'umidità atmosferica;
- uno scarico inadeguato può essere la causa di un eccessivo aumento di pressione con possibile danno del recipiente o, in casi limite, lo scoppio;
- tenete d'occhio il manometro di controllo: la pressione non deve superare il 60% del valore di taratura della valvola di sicurezza;
- per il travaso meglio usare il dispositivo di spillatura a pressione (o dispenser) per estrarre il liquido da contenitori più grandi. Il dispenser va inserito attraverso il collo del contenitore e immerso nel liquido sino in fondo, ma lentamente;
- prima di provvedere al rabbocco di un recipiente, accertatevi della natura del liquido contenuto. In caso di dubbio, astenersi dal compiere l'operazione. Mescolando due diversi liquidi criogenici, causeremo l'evaporazione del liquido al più basso punto di ebollizione;
- se si trattasse di ossigeno, ricordiamo che una sua concentrazione indeterminata nell'ambiente, da sola, rappresenta già una grave situazione di pericolo (vietato fumare e usare fiamme libere, evitare scariche elettrostatiche o cortocircuiti elettrici, sorgenti chimiche a produzione esotermica, gas riscaldati, superfici calde);
- prima di procedere ad un riempimento di un contenitore, accertatevi che il contenitore che voi supponete vuoto non contenga invece liquidi (acqua, ecc.) o liquidi criogenici;
- controllare l'integrità del contenitore del criogeno e lo stato di efficienza delle attrezzature, utensili necessari alla sua manipolazione;



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

- controllare l'integrità (assenza di cricche o di altri segni di cedimento strutturali) degli oggetti che verranno a contatto con il criogeno e che possono generare eventi pericolosi indotti;
- Il riempimento di un recipiente caldo o l'immersione di un oggetto caldo (la temperatura ambiente è calda rispetto alle temperature in questione) deve essere effettuato lentamente. Si riducono così le conseguenze dell'ebollizione e si evitano spruzzi di liquido. Inoltre si riducono notevolmente le sollecitazioni termiche indotte sul materiale dal brusco abbassamento di temperatura;
- evitate di impiegare i contenitori che appaiono danneggiati nell'isolamento sottovuoto;
- non riempire mai completamente i contenitori del liquido criogeno;
- maneggiare con cura i contenitori;
- mantenere pulite da possibili contaminanti le zone di contatto con le sostanze criogene;
- effettuare il travaso di liquido tra contenitori diversi lentamente, valutando la necessità/possibilità di operare sotto cappa o in ambiente arieggiato;
- utilizzate pinze dalla presa sicura per immergere o estrarre oggetti dal liquido;
- ricordate che oggetti normalmente morbidi e pieghevoli a temperatura ambiente, diventano estremamente duri e fragili alle temperature di questi liquidi;
- per il trasferimento dei contenitori pieni utilizzate sempre mezzi appropriati;
- evitate 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;
- il trasporto di dewar con appositi sistemi di trasferimento in montacarichi deve essere effettuato senza presenza di persone a bordo;
- evitate di toccare con le mani (o con parti del corpo non protette) tubazioni o recipienti non isolati contenenti liquidi criogenici: la superficie estremamente fredda può incollarsi saldamente alla pelle che potrà lacerarsi quando tenterete di separarla dal metallo; D.P.I. (dispositivi di protezione individuale);
- usare visiera protettiva per criogeni durante le operazioni (travasi e altro);
- Indossare copri scarpe e o scarpe antinfortunistiche (mai piedi scoperti);
- indossare guanti anti ustione larghi in modo da poterli sfilare facilmente;
- indossare camici o tute contro gli spruzzi alle gambe o altre parti del corpo (i pantaloni vanno portati sempre all'esterno di stivali e scarpe in genere). Evitare di portare orologi o gioielli e pantaloni con risvolti;
- se le operazioni di manipolazione o utilizzo di gas criogenici in particolare azoto dovessero avvenire, anche temporaneamente, in ambienti con ventilazione naturale e/o meccanica potenzialmente insufficienti, l'attività deve essere svolta allertando almeno un altro operatore e necessariamente deve essere utilizzato un opportuno analizzatore (ossimetro) anche portatile, con segnalatore acustico-luminoso in grado di avvisare l'operatore se nel locale la concentrazione di ossigeno è inferiore al 18%; in caso di segnalazione di pericolo di sotto ossigenazione è necessario allontanarsi immediatamente dal locale ed avvisare i preposti;



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Servizio di prevenzione e protezione

- è necessario astenersi da qualsiasi attività in locali in cui vi sia una sotto ossigenazione, a meno che non si disponga di un idoneo respiratore autonomo, per il quale si sia stati addestrati all'uso, che deve essere indossato fino a quando nel locale la concentrazione di ossigeno ritorni superiore al 18%.